

**UNIVERSITATEA BABEȘ-BOLYAI**  
**FACULTATEA DE BIOLOGIE ȘI GEOLOGIE**

**INFLUENȚE ANTROPICE ASUPRA  
POPULAȚIILOR DE MICROORGANISME DIN  
LACURILE DE ACUMULARE SECU ȘI VĂLIUG,  
JUD. CARAȘ-SEVERIN**

**REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT**

**RADU ALEXANDRU FETKE**

**COORDONATOR ȘTIINȚIFIC:  
PROF. UNIV. DR. MIHAIL DRĂGAN-BULARDA**

**CLUJ-NAPOCA  
2016**

# C U P R I N S

	Pagina
INTRODUCERE .....	1
SCOPUL ȘI OBIECTIVELE LUCRĂRII .....	3
<b>CAPITOLUL I. MICROBIOLOGIA ACVATICĂ.....</b>	<b>5</b>
1. 1. Caracterizarea generală a mediilor acvatice lacurilor .....	5
1.1.1. Microbiota lacurilor .....	6
1. 2. Stadiul actual al cunoașterii în cercetările de microbiologie acvatică .....	9
1.2.1. Diversitatea comunităților microbiene în ape .....	11
1.3. Calitatea apei supuse potabilizării în România .....	14
<b>CAPITOLUL II. POLUAREA APELOR DE SUPRAFAȚĂ.....</b>	<b>16</b>
2. 1. Tipuri de poluare a apelor .....	16
2. 2. Cercetări privind factorii implicați în poluarea apelor.....	21
2.2.1. Studii legate de prezența metalelor grele în mediul acvatic .....	21
2.2.2. Studii privind efectul micropoluantilor .....	24
2.2.3. Cercetări asupra unor indicatori igienico-sanitari din ape .....	25
<b>CAPITOLUL III. MATERIALE ȘI METODE.....</b>	<b>30</b>
3.1. Caracterizarea lacurilor de acumulare Secu și Văliug.....	30
3.2. Prelevarea și pregătirea probelor pentru analize .....	34
3.2.1. Amplasarea punctelor de recoltare a probelor de apă și sediment .....	34
3.2.2. Prelucrarea probelor de sediment pentru analize microbiologice și enzimologice .....	35
3.3. Metode fizico-chimice .....	36
3.4. Metode microbiologice .....	39
3.4.1. Determinarea bacteriilor heterotrofe aerobe .....	39
3.4.2. Determinarea bacteriilor implicate în circuitul azotului .....	41
3.4.2.1. Determinarea bacteriilor amonificatoare .....	41
3.4.2.2. Determinarea bacteriilor nitrificatoare .....	42
3.4.2.3. Determinarea bacteriilor denitrificatoare .....	43
3.4.3. Determinarea bacteriilor implicate în circuitul fierului .....	44
3.4.3.1. Determinarea bacteriilor fier-reducătoare.....	44

3.4.4. Metoda pentru stabilirea indicatorului bacterian al calității apei și sedimentului.	45
3.5. Metode enzimologice.....	46
3.5.1. Determinarea activității dehidrogenazice.....	46
3.5.2. Determinarea activității catalazice.....	49
3.5.3. Determinarea activității fosfatazice.....	51
3.5.4. Determinarea activităților enzimatic calitative (oligaze și poliaze) .....	53
3.5.5. Determinarea indicatorului enzimatic al calității sedimentului (IECS) .....	56
3.6. Metode pentru determinarea bacteriilor igienico-sanitare.....	57
3.6.1. Determinarea numărului probabil de bacterii mezofile la 37 °C .....	59
3.6.2. Determinarea numărului probabil de bacterii coliforme totale prin MTM .....	60
3.6.3. Determinarea numărului probabil de bacterii coliforme totale prin metoda membranei filtrante .....	62
3.6.3.1. Determinarea genului <i>Escherichia</i> .....	63
3.6.3.2. Determinarea numărului probabil de bacterii coliforme fecale – termotolerante .....	68
3.6.4. Determinarea enterococilor fecali .....	69
3.6.4.1. Metoda tuburilor multiple (MTM) și mediul cu azidă de sodiu.....	69
3.6.4.2. Metoda membranei filtrante .....	71
3.7. Metode ecotoxicologice de testare a poluării apelor celor două lacuri de acumulare – testul de bioluminescență .....	72
3.8. Metode biologice .....	73
3.9. Metode statistice.....	74

## **REZULTATE ȘI DISCUȚII**

### **CAPITOLUL IV. STABILIREA PARAMETRILOR FIZICO-CHIMICI AI APEI .....**

4.1. Determinarea parametrilor fizici .....	77
4.2. Determinarea parametrilor chimici .....	78

### **CAPITOLUL V. ANALIZA MICROBIOLOGICĂ A APEI .....**

5.1. Determinarea abundenței populațiilor microbiene .....	84
5.2. Determinarea cantitativă a bacteriilor heterotrofe aerobe .....	84
5.3. Determinarea cantitativă a bacteriilor amonificatoare .....	87
5.4. Determinarea cantitativă a bacteriilor nitrificatoare .....	90
5.5. Determinarea cantitativă a bacteriilor denitrificatoare .....	96
5.6. Determinarea bacteriilor implicate în circuitul fierului	

- bacteriile fier-reducătoare .....	99
5.7. Determinarea indicatorului bacterian de testare a calității apei .....	105
5.8. Concluzii .....	107

## **CAPITOLUL VI. ANALIZA ENZIMOLOGICĂ A APEI ȘI SEDIMENTULUI .....109**

6.1. Determinarea activității enzimatic cantitative .....	110
6.1.1. Activitatea dehidrogenazică actuală și potențială .....	110
6.1.2. Activitatea fosfatazică.....	117
6.1.3. Activitatea catalazică.....	120
6.2. Determinarea indicatorului enzimatic de calitate al sedimentului.....	124
6.3. Determinarea enzimatică calitativă.....	127
6.3.1. Evidențierea unor oligaze și poliaze din sedimentele celor două lacuri.....	127
6.4. Concluzii .....	137

## **CAPITOLUL VII. STABILIREA GRADULUI DE IGIENĂ A APEI, PRIN DETERMINAREA INDICATORILOR SANITARI.....139**

7.1. Determinarea numărului probabil de bacterii coliforme totale (germeni coliformi totali) .....	141
7.2. Determinarea numărului celui mai probabil de germeni coliformi fecali (termotoleranți) .....	143
7.3. Determinarea numărului celui mai probabil al enterococilor fecali .....	145
7.4. Variația cantitativă și calitativă a bacteriilor igienico-sanitare .....	146
7.5. Stabilirea naturii poluării fecale a apei lacurilor de acumulare Secu și Văliug .....	149
7.6. Stabilirea calității sanitare a apelor celor două lacuri de acumulare .....	154
7.7. Stabilirea unor corelații statistice între indicatorii igienico-sanitari și parametri fizico-chimici .....	158
7.8. Concluzii .....	160

## **CAPITOLUL VIII. DETERMINAREA GRADULUI DE POLUARE A APEI PRIN DIFERITE TESTE ECOTOXICOLOGICE .....162**

8.1. Testul ecotoxicologic de determinare a poluării - testul de bioluminescență <i>Vibrio fischeri</i> .....	163
8.2. Concluzii .....	172

**CAPITOLUL IX. MONITORIZAREA ȘI EVALUAREA CALITĂȚII APEI CELOR  
DOUĂ LACURI DE ACUMULARE SECU ȘI VĂLIUG.....173**

**CONCLUZII GENERALE .....176**

**LISTA DE LUCRĂRI ȘTIINȚIFICE publicate din domeniul tezei de doctorat .....182**

**BIBLIOGRAFIE .....183**

**CUVINTE CHEIE:** apa potabilă, lacurile de acumulare Secu și Văliug, bacterii igienico-sanitare, grupe de bacterii, activități enzimatic.

## INTRODUCERE

Apele curgătoare și lacurile reprezintă surse de aprovizionare cu apă potabilă a multor orașe și comunități umane. Poluarea apei este una dintre problemele acute la nivel global, și care a început să fie studiată din ce în ce mai mult și în țara noastră. Conform directivelor Uniunii Europene (Directiva Cadru în domeniul apei 60/2000/CE), componenta biotică din râuri devine principala țintă pentru evaluarea calității mediului și pentru planurile de management a calității apelor. Utilizarea metodelor biologice de determinare a calității apei este motivată prin faptul că acestea furnizează note de calitate a apei care reflectă evoluția calității apei în timp și spațiu, în timp ce metodele clasice, fizico-chimice, oferă doar o imagine instantanee a calității apei și sunt mai costisitoare.

Această teză de doctorat analizează pentru prima dată microbiologia și enzimologia lacurilor de acumulare Secu și Văliug, jud. Caraș-Severin. Teza își propune să analizeze abundența, distribuția, diversitatea și semnificația ecologică a unor grupe de bacterii din apa și sediamentul celor două lacuri de acumulare, starea igienico-sanitară a acestora precum și analiza activităților enzimatic din sedimentul celor două lacuri.

Teza de doctorat aduce contribuții de o reală valoare științifică legate de apa potabilă din orașul Reșița. În acest sens au fost prezentate în cadrul unor conferințe naționale și internaționale dar și publicate în reviste recunoscute CNCS: 2 prezentări orale la 2 conferințe naționale și 1 prezentare poster la conferința internațională Paris; 1 abstract publicat în volumul ISI al unei conferințe internaționale; 3 articole științifice publicate în reviste categoria B+ și 1 articol într-o revistă națională recunoscută de CNCS.

Analiza rezultatelor prezentate a evidențiat că obiectivele propuse în cadrul tezei au fost atinse, iar rezultatele obținute sunt originale și au un caracter de noutate pe plan național, argumentând folosirea unor tehnici de microbiologie și enzimologie în vederea stabilirii calității apei și implicit a cuantificării microorganismelor din structura apei celor două lacuri de acumulare Secu și Văliug, jud. Caraș-Severin.

## SCOPUL ȘI OBIECTIVELE LUCRĂRII

Înțelegerea conceptuală a rolului bacteriilor în ecosistemele acvatice și în circuitele biogeochimice este strâns legată de cunoașterea modului în care este controlată creșterea, abundența și diversitatea acestora.

Doresc să atrag atenția autorităților în vederea elaborării unor strategii globale de control și intervenție în cele două lacuri de acumulare Secu și Văliug, elaborarea unor lucrări de reconstrucție ecologică. Oprirea exploatărilor forestiere în perimetrul de protecție aferent lacurilor. Tăierea pădurii are implicații dramatice asupra modificării ecosistemului acvatic, mai ales că aceste lacuri sunt sursa de alimentare cu apă în aval a 70.000 oameni. Reabilitarea verigilor lanțului trofic, evaluarea și monitorizarea impactului activității numeroaselor puncte de tăieri de copaci și a distrugerii albiei râurilor ce alimentează aceste lacuri. Exploatarea buștenilor cu utilaje și camioanele grele ale jefuitorilor de pădure afectează tot parcursul râului din amonte. Ecologizarea și modernizarea rampelor de rumeguș, deșeuri multiple și a dejecțiilor umane și animaliere, elaborarea unor programe de dezvoltare economică și de mediu cu caracter de agroturism prin valorificarea resurselor naturale existente conform cu normele europene și respectarea legislației protecției mediului.

## I. MICROBIOLOGIA ACVATICĂ

Cercetările de microbiologie acvatică constituie un domeniu de dată relativ recentă care și-au făcut debutul printr-o serie de abordări de ordin strict sanitar. În ultimele decenii atenția oamenilor de știință se orientează tot mai pregnant asupra studiilor complexe, ecologice, ale marilor acumulări de apă, știind că civilizația industrială actuală, prin efectele sale secundare, a determinat accelerarea unor procese ecologice extrem de complexe, în mediile acvatice, cu consecințe deseori contrare conceptului de dezvoltare durabilă. Abordarea cercetărilor de microbiologie acvatică din punct de vedere ecofiziologic dezvăluie însă posibilități nebănuite de evaluare a stării generale a unei ape.

*” Apa nu este un bun comercial oarecare, ci un patrimoniu care trebuie protejat, apărat și tratat ca atare”* Art 1 Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy

Lacurile oferă condiții foarte diferite pentru dezvoltarea microorganismelor în funcție de: viteza de curgere, debitul apei, adâncime, conținutul mineral dependent de condițiile geologice. Datorită contactului mărit cu litosfera de-a lungul malurilor și spălării acestora de cursul de apă, apar fenomene de eroziune, de îmbogățire cu substanțe minerale și organice din sol, și cu microorganisme alohtone.

După gradul de poluare se identifică trei tipuri majore de ape:

- *oligosaprobe* cu cantitate mare de oxigen, conținut redus de substanțe organice dizolvate și nivel scăzut de descompunere organică;
- *mezosaprobe* cu grad mediu de poluare, cantitate mai mică de oxigen și nivel moderat de degradare a substanțelor organice;
- *polisaprobe* cu o mare concentrație de materie organică și o concentrație redusă sau absentă de oxigen.

Principalii indicatori bacteriologici de poluare din ape și sedimente sunt: grupul bacteriilor coliforme totale și fecale (considerat ca indicator primar al contaminării fecale a apei) și enterococii fecali. În funcție de prezența izolată sau asociată a acestor bacterii, precum și de variația lor cantitativă sezonieră și anuală, se poate face o apreciere asupra stării igienico-sanitare a apelor. O schimbare oricât de mică cantitativă sau calitativă în cazul unei populații microbiene permite stabilirea stării ecologice a mediului acvatic și identificarea eventuală a sursei de poluare unde este cazul. Baums și colab., (2007) utilizează metoda de detectare a indicatorilor fecali din apa unui râu folosind luminex. Luminex® 100™ este o suspensie care permite analiza rapidă pe un mediu de microtitrare. Majoritatea bolilor transmise prin apă au ca agenți etiologici microorganismele eliminate din tubul digestiv. Monitorizarea bacteriologică este obligatorie la nivelul apelor, permițând depistarea posibilelor surse de poluare fecaligenă.

Am ales ca obiect de studiu două lacuri de acumulare Secu și Văliug din județul Caraș-Severin cu scopul de a detecta influențele antropice asupra populațiilor de microorganisme din acestea.

Scopul acestei cercetări este acela de detectare a prezenței în apa și sedimentele celor două lacuri de acumulare Secu și Văliug a microorganismelor utilizate ca indicatori ai poluării, a celor patogene, a mai multor grupe de bacterii implicate în circuitele biogeochimice, determinarea potențialului bacterian și enzimatic al sedimentelor, analiza activității bacteriene din sedimentele apelor și a activității enzimatice, respectiv, stabilirea stării de calitate sanitară a acestor ape. Potențialul enzimatic al sedimentului reflectă în mod direct sau indirect activitatea microbiotei, influența diferiților factori fizici, chimici, antropogeni și chiar a intensității activităților enzimatice. De aceea, funcționarea unui ecosistem nu poate fi înțeleasă fără anticiparea activă a proceselor enzimatice.



În acest context obiectivele acestui studiu sunt următoarele:

- Stabilirea parametrilor fizico-chimici ai apelor celor două lacuri de acumulare Secu și Văliug (determinarea temperaturii, pH-ului, Eh-ului, a substanțelor organice, a conținutului de oxigen dizolvat, consumului biochimic de oxigen (CBO<sub>5</sub>), conductivității electrice, a conținutului de amoniu, azotaților, azotiților, plumbului, fierului, cadmiului, etc.);
- Studierea dinamicii și semnificației ecologice a unor grupe de bacterii (bacterii implicate în circuitul biogeochimic al azotului, sulfului, fierului și carbonului) din apa și sedimentul celor două lacuri în relație cu factorii biotici - de mediu și abiotici - determinanți;
- Stabilirea activității enzimatică din sedimente prin evidențierea cantitativă (activitatea dehidrogenazică, catalazică, fosfatazică) și calitativă prin evidențierea unor oligaze și poliaze din sedimentele celor două lacuri de acumulare;
- Determinarea indicatorului enzimatic al calității sedimentului (IECS), și a celor doi indicatori bacterieni al calității apei (IBCA) și sedimentului (IBCS);
- Stabilirea gradului de igienă a apei, prin determinarea indicatorilor sanitari (germenii coliformi totali, coliformi fecali, enterococi fecali) datorită repercursiunilor pe care acești indicatori le pot avea asupra sănătății umane;
- Determinarea gradului de poluare a apei celor două lacuri de acumulare Secu și Văliug prin testul ecotoxicologic de bioluminescență a bacteriei *Vibrio fischeri*;
- Monitorizarea și evaluarea calității apei celor două lacuri de acumulare Secu și Văliug sub influența factorilor antropici în scopul elaborării unor strategii de reabilitare și conservare a ecosistemelor acvatice afectate, aplicabile și în cazul altor hidrosisteme similare.

## II. MATERIALE ȘI METODE

**Lacul Secu:** lac acumulare, bazinul Bârzava, altitudine 350 m, suprafața 105,67 ha, volum de apă 15.132.000 m.c. cu adâncimea maximă 27 m situat în lanțul Munților Semenic. Construit în 1963 servește la alimentarea cu apă a municipiului Reșița având și rol de agrement în cadrul Stațiunii Turistice Secu

**Lacul Văliug:** lac de acumulare, bazinul Bârzava, altitudine 500m, suprafață de 66,2 ha volum de 11.732.000 m.c., 40 m adâncime, lanțul Munților Semenic. Construit în 1953 servește la alimentarea cu apă a lacului Secu aflat în aval și implicit a municipiului Reșița având și rol de agrement în cadrul Stațiunii Turistice Crivaia

Prelevarea, conservarea, transportul, păstrarea și identificarea probelor conform standardului SR EN 2852/1994.

**Determinarea parametrilor fizico-chimici.** În vederea stabilirii influenței factorilor de mediu abiotici asupra densității și compoziției comunităților microbiene studiate, s-au determinat următorii parametri fizico-chimici: temperatura (T), pH-ul, oxigenul dizolvat (O<sub>2</sub>), conductivitatea, consumul biochimic de oxigen (CBO<sub>5</sub>), cantitatea de materie organică, determinată prin CCO-MN, azot mineral total (N total), azotați, azotiți, amoniu, sulfați, fosfor total (P total) și fier total (Fe total), prezența unor metale grele (Cu, Pb, Zn, Cd).

**Determinarea grupelor ecofiziologice de bacterii** s-a făcut pentru a evalua diversitatea funcțională a microbiotei și a proceselor biochimice din habitatele acvatice ale celor două lacuri de acumulare. *Bacteriile heterotrofe aerobe* s-au determinat prin metoda plăcilor turnate (Drăgan-Bularda, 2000). Pentru determinarea *bacteriilor amonificatoare* se aplică metoda tuburilor multiple MTM (Cușa 1996). În cazul *bacteriilor nitrificatoare* și a *bacteriilor fier-reducătoare* are ca principiu metoda tuburilor multiple MTM (Carpa și colab., 2014). Pe baza numărului de bacterii aparținând mai multor grupe ecofiziologice se stabilește *indicatorul bacterian al calității apei și sedimentului* (Muntean, 1995-1996).

**Metode enzimologice.** Au fost determinate activități enzimatic cantitative și calitative. Dintre *activitățile enzimatic cantitative* studiate: determinarea activității: *dehidrogenazice*-metoda Casida, (Carpa și colab., 2014; Drăgan – Bularda, 2000), *catalazice*- metoda Kappen, (Muntean și colab, 1996), *fosfatazice*- metoda Kramer și Erdei (Drăgan – Bularda, 2000), din sedimentul lacurilor studiate. Determinarea *activităților enzimatic calitative (oligaze și poliaze)*: zaharoză, maltoză, celobioză, lactoză, amidon, dextran, levan, inulină.

**Determinarea bacteriilor igienico-sanitare.** După standarde ISO și STAS s-au determinat *numărul probabil de bacterii mezofile la 37 °C* (STAS 3001-91), *numărul probabil de bacterii coliforme totale prin metoda membranei filtrante* în cadrul laboratorului AQUACARAȘ, *numărul probabil de bacterii coliforme fecale – termotolerante* prin metoda tuburilor multiple (Cușa 1996, Drăgan-Bularda, 2000) sau metoda membranei filtrante, *enterococii fecali*.

**Metode ecotoxicologice de testare a poluării apelor celor două lacuri de acumulare – testul de bioluminescență cu *Vibrio fischeri*** (SR EN ISO 11348-3:2003; SR EN ISO 11348-1:1998).

**Metode statistice.** La calcularea și corelarea rezultatelor analizelor se operează cu metode statistice. Media aritmetică, abaterea standard  $\sigma$  sau S, eroarea standard a mediei, testele statistice de semnificație, analiza de varianță. ANOVA, coeficientul de corelație.

### III. ANALIZA FIZICO-CHIMICĂ A APEI

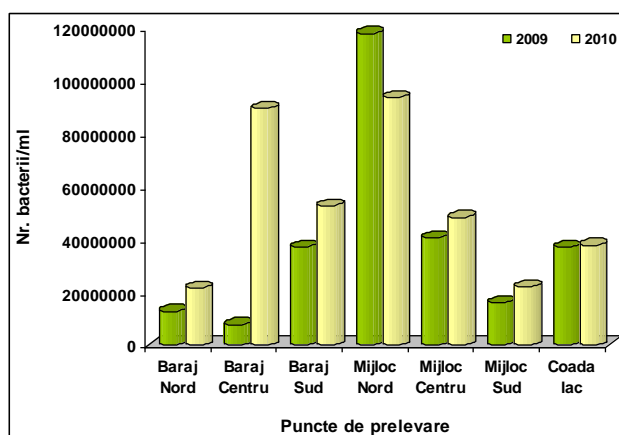
În vederea stabilirii influenței factorilor de mediu abiotici asupra densității și compoziției comunităților microbiene studiate, au fost determinați următorii parametri fizico-chimici: temperatura (T), pH-ul, oxigenul dizolvat ( $O_2$ ), conductivitatea, consumul biochimic de oxigen ( $CBO_5$ ), cantitatea de materie organică, determinată prin CCO-MN, azot mineral total (Nmin.t), azotați, azotiți, amoniu, sulfatați, fosfor total (P total) și fier total (Fe total), prezența unor metale grele (Cu, Pb, Zn, Cd).

### IV. ANALIZA MICROBIOLOGICĂ A APEI

Pentru a stabili relațiile dintre populațiile microbiene din ecosistemele acvatice și a influențelor pe care bacteriile din sedimente le pot exercita asupra calității apelor, pe lângă activitatea enzimologică și aspectul igienico-sanitar am urmărit și compoziția grupelor ecofiziologice de bacterii implicate în descompunerea și mineralizarea substratului din ape și sedimente, am luat în studiu bacteriile heterotrofe aeorbe, bacteriile implicate în ciclul biogeochimic al azotului și al fierului.

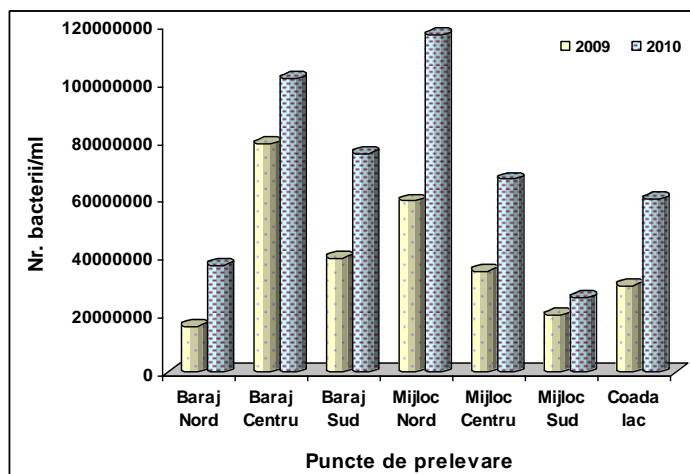
#### IV.1. Determinarea cantitativă a bacteriilor heterotrofe aeorbe

Acest studiu analizează pentru prima dată dinamica și diversitatea ecologică a grupelor de bacterii implicate în ciclul biogeochimic al azotului și al fierului. În apa lacului de acumulare Secu în anii 2009 și 2010 bacteriile heterotrofe aeorbe au fost de ordinul  $10^6$ - $10^7$ . S-au înregistrat fluctuații mari între punctele de prelevare însă valori maxime ale s-au înregistrat în secțiunea de mijloc a lacului de acumulare Secu (Fig. 1).



**Fig. 1.** Distribuția numerică a bacteriilor heterotrofe aeorbe în apa lacului de acumulare Secu în anul 2009 și anul 2010.

În apa lacului de acumulare Văliug în anii 2009 și 2010 bacteriile heterotrofe aerobe nu au prezentat fluctuații foarte mari între punctele de prelevare (Fig. 2).

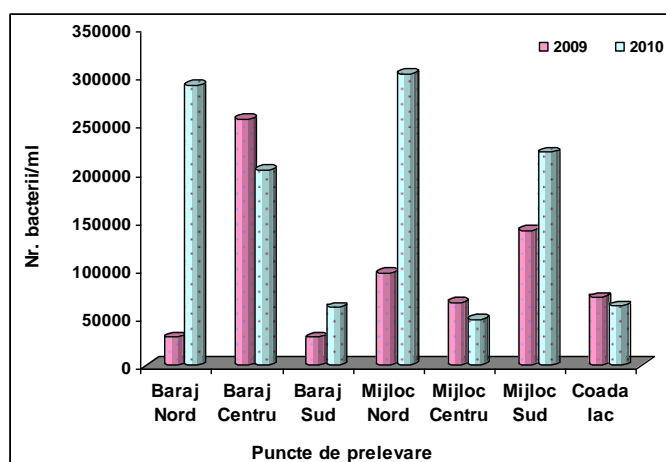


**Fig. 2.** Distribuția numerică a bacteriilor heterotrofe aerobe în apa lacului de acumulare Văliug în anul 2009 și anul 2010.

Aceste rezultate au arătat că grupul bacteriilor heterotrofe aerobe a fost cel mai numeros în ambele lacuri de acumulare (Secu și Văliug) și în ambii ani studiați (2009 și 2010).

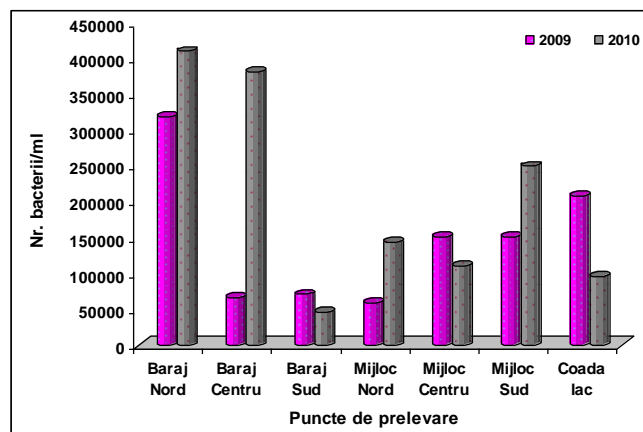
#### IV.2. Determinarea cantitativă a bacteriilor amonificatoare

În apele celor două lacuri de acumulare studiate bacteriile amonificatoare (BAM) se regăsesc într-un număr destul de mare ceea ce demonstrează prezența la nivelul acestor ape a unor cantități crescute de amoniu (Fig. 3).



**Fig. 3 .** Distribuția numerică a bacteriilor amonificatoare în apa lacului de acumulare Secu în anul 2009 și anul 2010.

Comparativ cu lacul de acumulare Secu în apa lacului de acumulare Văliug au fost detectate bacterii amonificatoare în număr ceva mai ridicat (Fig. 4).

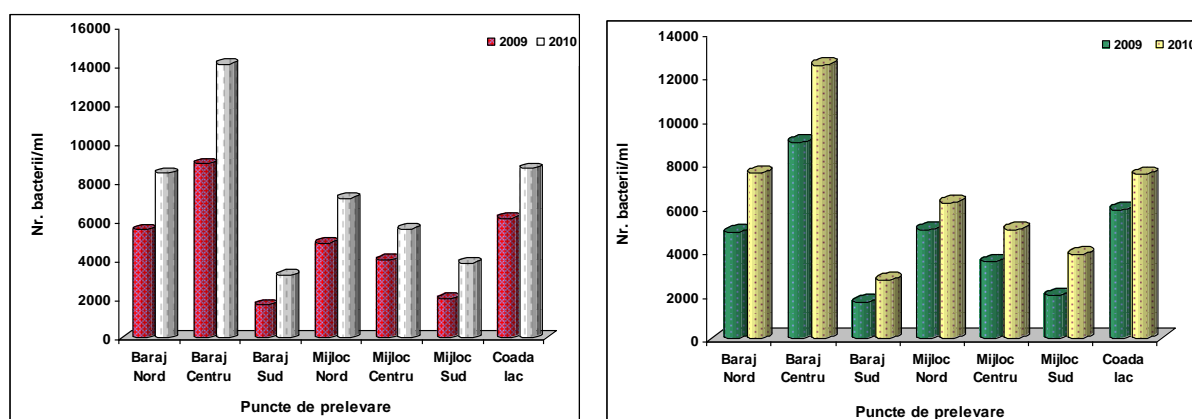


**Fig. 4.** Distribuția numerică a bacteriilor amonificatoare în apa lacului de acumulare Văliug în anul 2009 și anul 2010.

Bacteriile amonificatoare în apele lacurilor de acumulare Secu și Văliug se regăsesc într-un număr mare în cei doi ani de studiu. Valorile maxime se ating în partea de baraj (cap). Aceste valori ridicate pot fi explicate prin acumularea de materie organică de natură vegetală sau animală și a temperaturilor mai ridicate ale apei care stimulează dezvoltarea și activitatea microorganismelor din aceste habitate.

#### IV. 3. Determinarea cantitativă a bacteriilor nitrificatoare

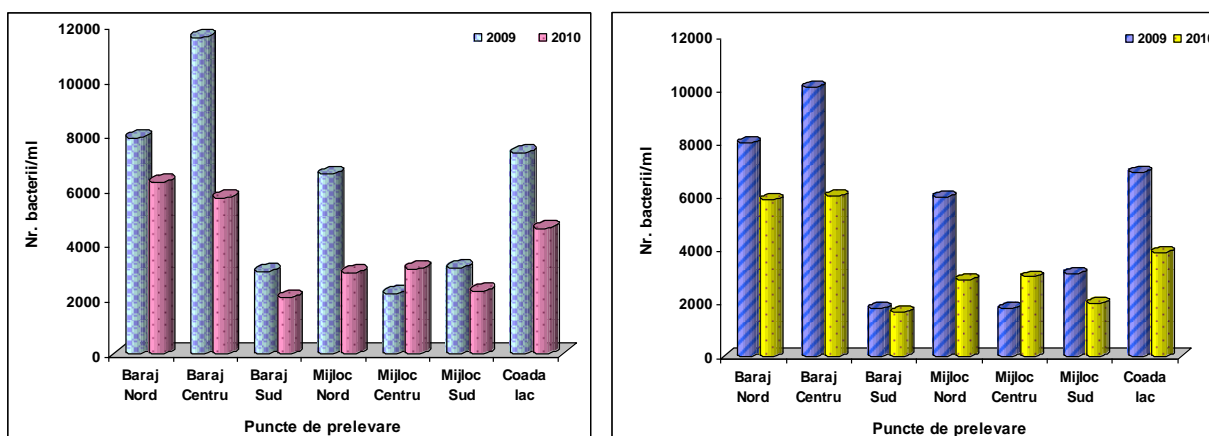
În lacul de acumulare Secu numărul nitritbacteriilor la nivelul probelor de apă analizate a prezentat fluctuații între secțiunile analizate cele mai mari valori înregistrându-se în partea de baraj (Fig. 5). Cele mai mici valori au fost înregistrate în partea sudică a lacului de acumulare Secu.



**Fig. 5, 6.** Distribuția numerică a nitrit-bacteriilor (stânga) și a nitrat-bacteriilor (dreapta) în apa lacului de acumulare Secu în anul 2009 și anul 2010.

Numărul nitratbacteriilor la nivelul probelor de apă din lacul de acumulare Secu a prezentat fluctuații între secțiunile analizate. Valorile acestor bacterii au fost ceva mai scăzute comparativ cu valorile nitritbacteriilor. Cele mai mari valori s-au înregistrat în partea de baraj centru (Fig. 6).

În lacul de acumulare Văliug numărul nitritbacteriilor la nivelul probelor de apă analizate a prezentat fluctuații între secțiunile analizate cele mai mari valori înregistrându-se în partea de centrala a barajului (Fig. 7).



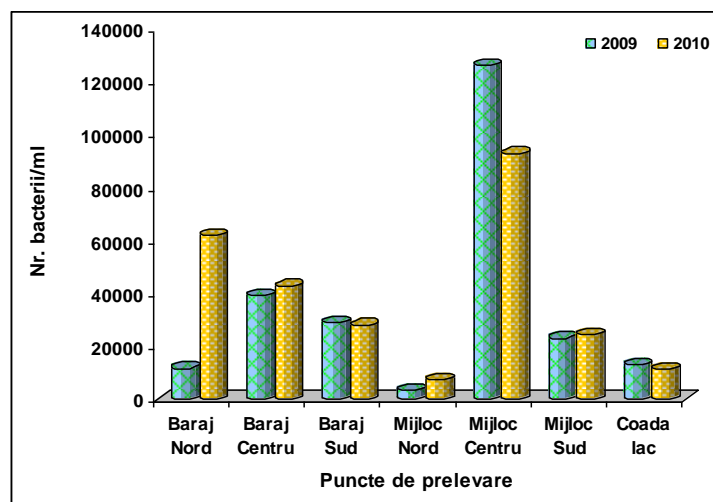
**Fig. 7, 8.** Distribuția numerică a nitrit-bacteriilor (stânga) și a nitrat-bacteriilor (dreapta) în apa lacului de acumulare Văliug în anul 2009 și anul 2010.

Numărul nitratbacteriilor la nivelul probelor de apă din lacul de acumulare Văliug a prezentat fluctuații între secțiunile analizate. Și în acest lac de acumulare la fel ca în lacul Secu, valorile nitratbacteriilor au fost ceva mai scăzute comparativ cu valorile nitritbacteriilor. Cele mai mari valori s-au înregistrat în partea de baraj nord și baraj centru (Fig. 8). În secțiunea de mijloc dar și de coadă a lacului fluctuația nitratbacteriilor nu a fost foarte mare. În general numărul nitratbacteriilor a fost mai scăzut în anul 2010 comparativ cu anul 2009.

Bacteriile nitrificatoare sunt prezente atât în apa cât și în sedimente, densitatea lor maximă fiind atinsă la nivelul straturilor superioare în bazinele acvatice, la interfața dintre apă și sedimente. Fiind sensibile la gradul de oxigenare a apei, numărul acestor bacterii la nivelul sedimentelor ne poate furniza date importante despre starea de circulație a apei în bazinele acvatice.

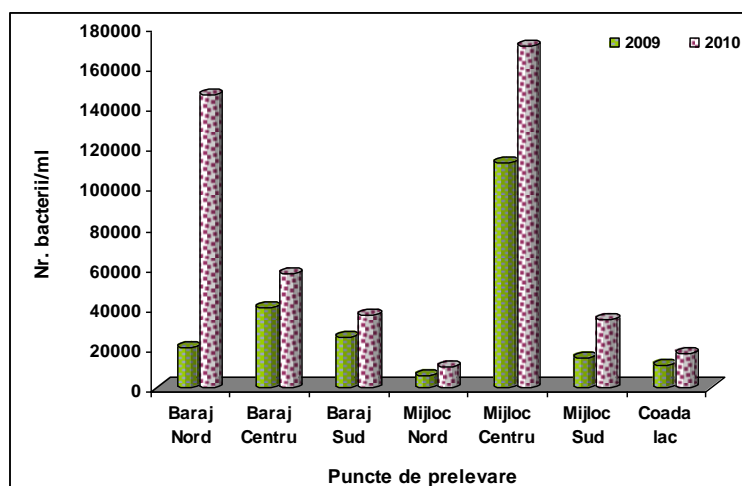
#### **IV.4. Determinarea cantitativă a bacteriilor denitrificatoare**

Numărul bacteriilor denitrificatoare la nivelul probelor de apă din lacul de acumulare Secu a prezentat fluctuații între secțiunile analizate. Cele mai mari valori s-au înregistrat în partea de mijloc centru a lacului de acumulare Secu (Fig. 9). Valorile bacteriilor denitrificatoare în celelalte secțiuni de baraj au fost mult mai scăzute comparativ cu partea de mijloc centru a lacului de acumulare.



**Fig. 9.** Distribuția numerică a bacteriilor denitrificatoare în apa lacului de acumulare Secu în anul 2009 și anul 2010.

Atât pentru lacul Secu cât și pentru Văliug există similitudini, densitatea cea mai mare înregistrându-se în secțiunea de mijloc a lacurilor de acumulare (fig. 10).

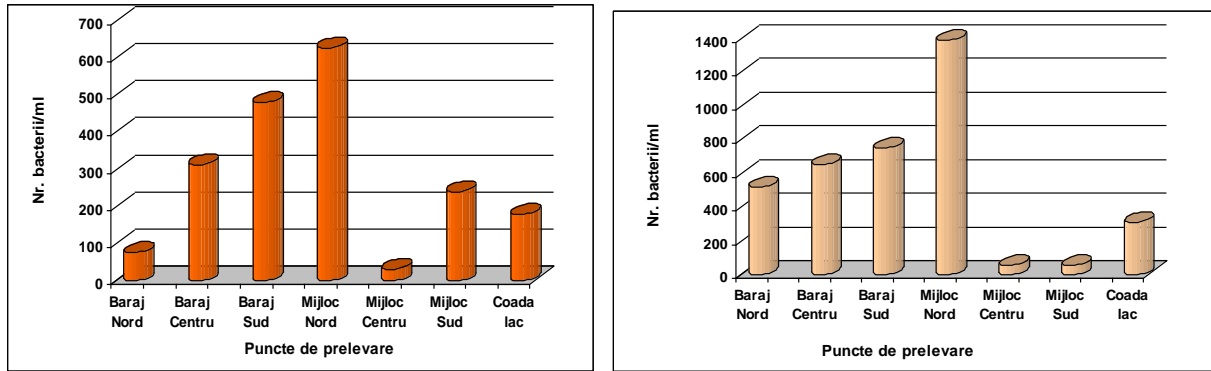


**Fig. 10.** Distribuția numerică a bacteriilor denitrificatoare în apa lacului de acumulare Văliug în anul 2009 și anul 2010.

Numărul bacteriilor denitrificatoare la nivelul probelor de apă analizate în apa celor două lacuri de acumulare a variat între  $14 \times 10^4$  și  $18 \times 10^4$ .

#### IV.5. Determinarea bacteriilor fier-reducătoare

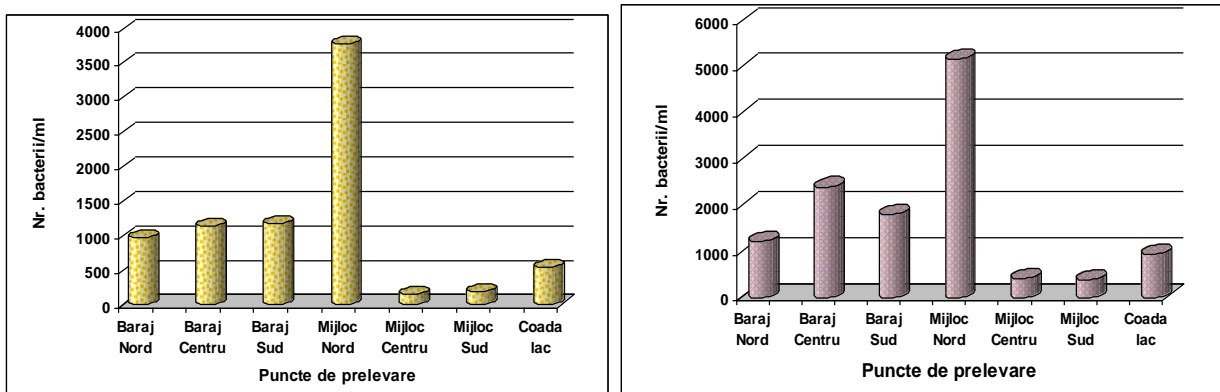
În anul 2009, în lacul de acumulare Secu, valorile bacteriilor fier-reducătoare au fost de ordinul sutelor. De remarcat este faptul că încărcătură maximă s-a înregistrat în secțiunea de mijloc a lacului de acumulare Secu (Fig. 11).



**Fig. 11, 12.** Distribuția numerică a densității bacteriilor fier-reducătoare din apa lacului de acumulare Secu în anul 2009 (stânga) și în anul 2010 (dreapta).

În anul 2010, în lacul de acumulare Secu, valorile bacteriilor fier-reducătoare aproape s-au dublat. Valorile maxime s-au înregistrat tot în secțiunea de mijloc nord a lacului de acumulare Secu (Fig. 12).

Distribuția numerică a bacteriilor fier-reducătoare în apa lacului de acumulare Văliug în anul 2009 și anul 2010 a fost mai bine reprezentată fiind de ordinul miilor (Fig. 13).



**Fig. 13, 14.** Distribuția numerică a densității bacteriilor fier-reducătoare din apa lacului de acumulare Văliug în anul 2009 (stânga) și în anul 2010 (dreapta).

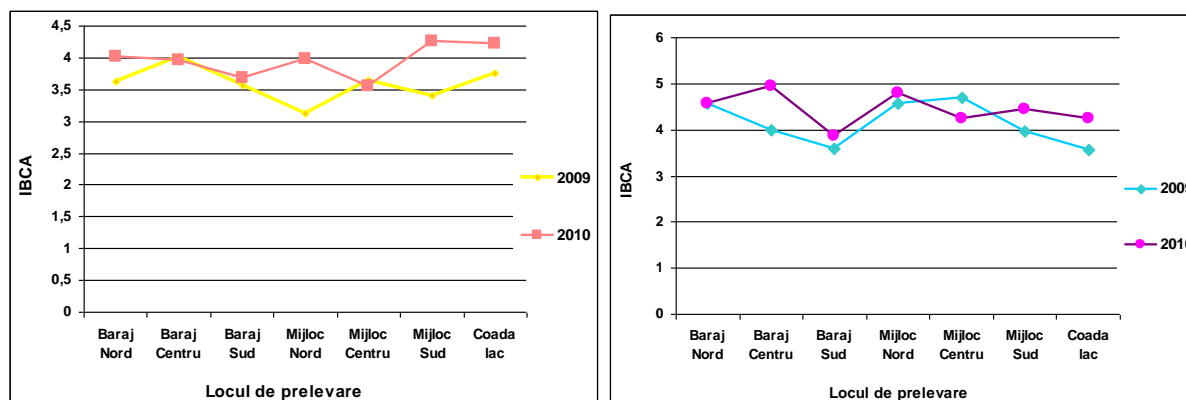
În anul 2010, în lacul de acumulare Văliug, valorile bacteriilor fier-reducătoare au crescut ușor. Valorile maxime s-au înregistrat în secțiunea de mijloc nord a lacului Văliug (Fig. 14).

Din punct de vedere biologic și microbiologic, studiul acestei ape are un rol esențial în stabilirea căilor de impact și în aplicarea unor metode eficiente de menținere a apei celor două lacuri de acumulare Secu și Văliug în limite de calitate foarte bună.



#### IV.6. Determinarea indicatorului bacterian de testare a calității apei

Valorile indicatorului bacterian al calității apei (IBCA) au fost calculate utilizând valorile individuale ale fiecărui grup ecofiziologic studiat pentru lacul de acumulare Secu și pentru lacul de acumulare Văliug.



**Fig. 15, 16.** Valorile indicatorului bacterian al calității apei (IBCA) pe parcursul anilor luați în studiu în lacul de acumulare Secu (stânga) și în lacul de acumulare Văliug (dreapta).

În lacul de acumulare Secu valorile indicatorului bacterian au fost mult mai crescute în anul 2010 comparativ cu anul 2009 (Fig. 15). Valorile IBCS suferă modificări în funcție de sezonul în care au fost realizate analizele.

În lacul de acumulare Văliug se poate observa același lucru, valori mai ridicate ale indicatorului au fost înregistrate tot în anul 2010 (Fig. 16).

### V. ANALIZA ENZIMOLOGICĂ A APEI ȘI SEDIMENTULUI

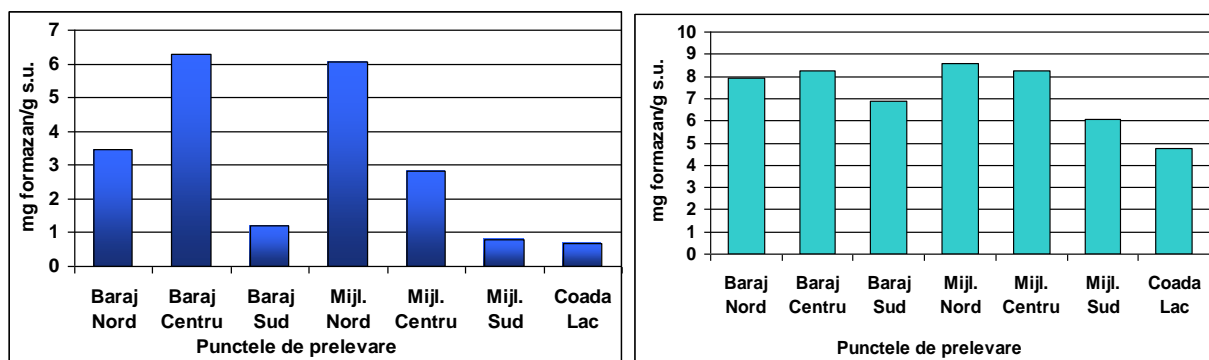
#### V.1. Determinarea activității enzimactice cantitative

În cele 7 probe de sediment au fost determinate cantitativ următoarele activități enzimactice: activitatea dehidrogenazică actuală (ADA) (reducerea TTC- clorura de 2,3,5-trifenil tetrazoliu, în probe fără adaos de glucoză) și activitatea dehidrogenazică potențială (ADP) (cu adaos de glucoză), activitatea fosfatazică (AF) și activitatea catalazică (AC).

##### V.1.1. Activitatea dehidrogenazică actuală și potențială

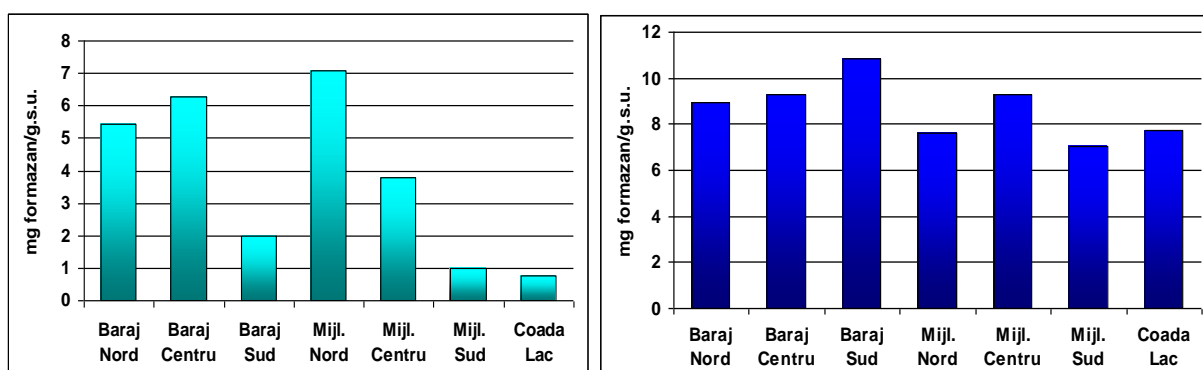
În anul 2009 valorile activității dehidrogenazice actuale și potențiale în lacul de acumulare Secu au fost medii ceea ce demonstrează existența unui potențial microbial mediu în acest lac de acumulare (Fig. 17 și Fig. 18).

Adiția de glucoză are un efect stimulat constant, dar nu foarte ridicat, asupra activității dehidrogenazice din sedimentul lacului studiat. Valorile activității dehidrogenazice potențiale în lacul de acumulare Secu în anul 2009 au fost crescute cu cel puțin un ordin de mărime datorită adăugării glucozei (Fig. 17).



**Fig. 17, 18.** Intensitatea activității dehidrogenazice actuale (ADA) (stânga) și a activității dehidrogenazice potențiale (ADP) (dreapta) în sedimentul lacului de acumulare Secu (2009).

În anul 2010 în lacul de acumulare Secu s-au înregistrat valori ale activității dehidrogenazice actuale și potențiale puțin mai ridicate comparativ cu valorile obținute în anul 2009. Acest lucru demonstrează o îmbunătățire a potențialului microbial în acest lac de acumulare. Comparativ cu activitatea dehidrogenazică actuală, activitatea dehidrogenazică potențială în lacul de acumulare Secu în anul 2010 a prezentat valori crescute datorită adăugării sursei de carbon suplimentare, intensitatea fiind aproape uniformă pe toate secțiunile luate în studiu (Fig. 20).



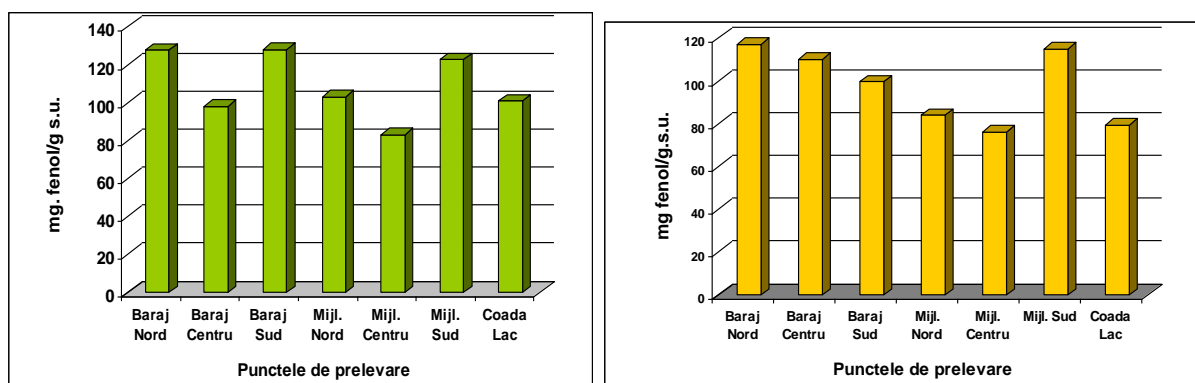
**Fig. 19, 20 .** Intensitatea activității dehidrogenazice actuale (ADA) (stânga) și a activității dehidrogenazice potențiale (ADP) (dreapta) în sedimentul lacului de acumulare Secu (2010).

Activitatea dehidrogenazică în sedimentul lacului Secu a prezentat oscilații în cei doi ani de studiu prezentând valori mai ridicate comparativ cu lacul de acumulare Văliug probabil

datorită prezenței în aceste sedimente a unei cantități suficiente de substanțe organice, care determină o bună dezvoltare a microorganismelor, activitatea lor fiind caracterizată de nivelul activității dehidrogenazice actuale.

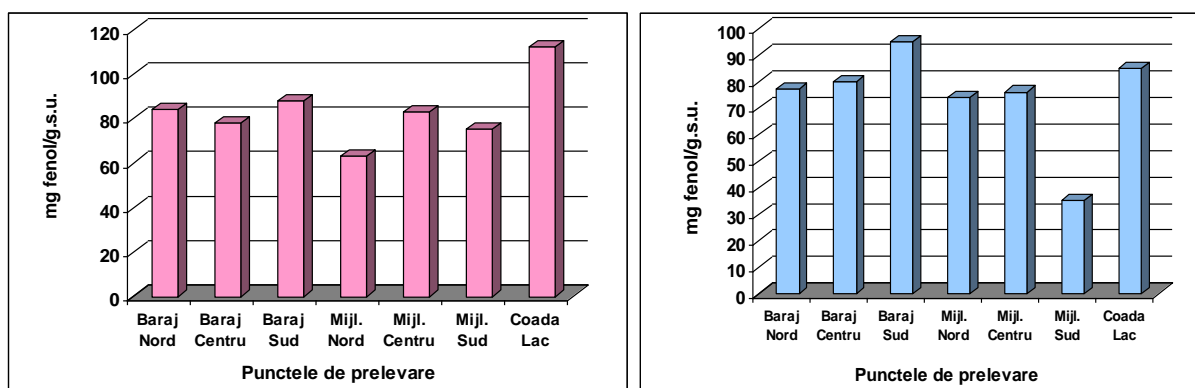
### V.1.2. Activitatea fosfatazică

În general valorile activității fosfatazice în cele două lacuri de acumulare au fost mai ridicate în anul 2009 comparativ cu anul 2010. O fluctuație numerică destul de mare a activității fosfatazice a fost observată în toate secțiunile analizate în anul 2009 în lacul de acumulare Secu (Fig. 21). În anul 2010 activitatea fosfatazică a înregistrat valori mai scăzute în toate secțiunile analizate comparativ cu cele înregistrate în anul 2009 (Fig. 22).



**Fig. 21, 22.** Intensitatea activității fosfatazice (AF) în sedimentul lacului de acumulare Secu în anul 2009 (stânga) și în anul 2010 (dreapta).

În sedimentele din lacul de acumulare Văliug, activitatea fosfatazică a fost detectată în toate secțiunile luate în studiu o intensitate mai ridicată prezentând coada lacului (Fig. 23).



**Fig. 23, 24.** Intensitatea activității fosfatazice (AF) în sedimentul lacului de acumulare Văliug în anul 2009 (stânga) și în anul 2010 (dreapta).

În anul 2010 s-au înregistrat valori mai scăzute ale activității fosfatazice în sedimentele provenite din lacul de acumulare Văliug (Fig. 24). Valori mai scăzute au fost înregistrate în secțiunea mijloc sudică.

Activitatea fosfatazică din sedimentele lacurilor Secu și Văliug au prezentat valori destul de ridicate atât în anul 2009 cât și în 2010. Această activitate fosfatazică intensă înregistrată în cele două lacuri de acumulare în aproape toate secțiunile studiate, indică faptul că sedimentele reprezintă rezervorul principal de fosfor din bazinele acvatice (Muntean și colab., 1996-1997).

### V.1.3. Activitatea catalazică

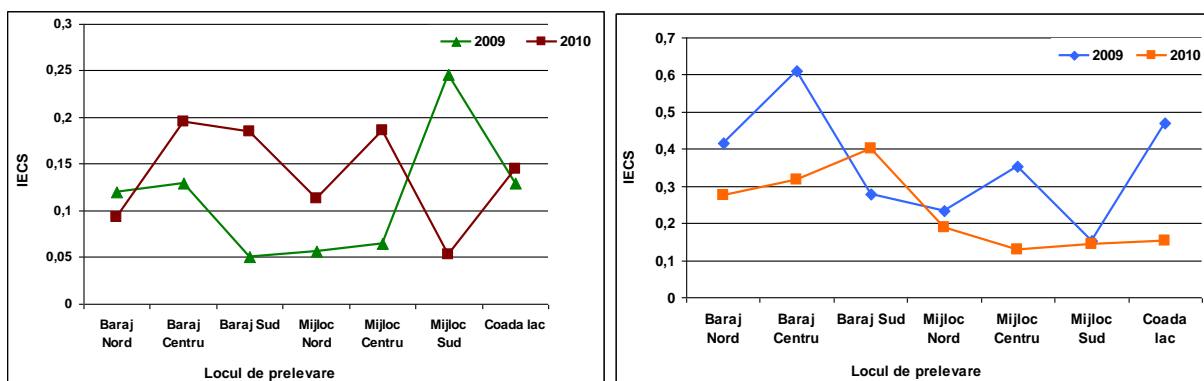
Dacă comparăm valorile activităților catalazice înregistrate în cele două lacuri de acumulare se poate observa că în lacul Secu valorile au fost mult mai ridicate decât în lacul Văliug. Aceste valori ridicate ale activității catalazice înregistrate în lacul Secu pot fi datorate prezenței în sedimente a unor substanțe puternic reduse (sulfiții) și a acizilor humici (Muntean și colab., 1999).

**Tabel 1.** Distribuția valorilor activității catalazice înregistrată în sedimentul lacurilor de acumulare Secu și Văliug în anul 2009 și 2010.

Locul de prelevare	Lacul de acumulare Secu		Lacul de acumulare Văliug	
	2009	2010	2009	2010
	mg H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /g.s.u.		mg H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /g.s.u.	
Baraj Nord	19,8	14	12	8
Baraj Centru	13,6	11	6	5,3
Baraj Sud	7,3	8	7,5	7
Mijloc Nord	10,4	9,5	8,4	6,8
Mijloc Centru	8,5	7,6	6,5	5,2
Mijloc Sud	17	12	7	4
Coadă lac	12	9,5	9	8

### V.1.4. Determinarea indicatorului enzimatic de calitate al sedimentului

În Fig. 25 sunt prezentate variațiile potențialului enzimatic al calității sedimentelor analizate din lacul de acumulare Secu, în anii 2009 și 2010, așa cum sunt reflectate de către valorile indicatorilor studiați.



**Fig. 25, 26.** Valorile indicatorului enzimatic al calității sedimentului (IECS) pe parcursul anilor luați în studiu în lacul de acumulare Secu (stânga) și în lacul Văliug (dreapta).

În figura 26 este redat indicatorul enzimatic al calității sedimentului din lacul de acumulare Văliug. Aici se poate observa existența unui indicator mult mai crescut comparativ cu cel obținut în lacul Secu.

## V.2. Determinarea enzimatică calitativă

Activitatea enzimatică calitativă s-a determinat în câte 3 puncte pentru fiecare lac de acumulare (3 probe din lacul Secu și 3 probe din lacul Văliug). Au fost detectate activități enzimatică calitative oligazice și poliazice. Dintre activitățile oligazice au fost detectate prin cromatografie pe hârtie invertaza, maltaza, celobiaza și lactaza. Dintre acestea prezintă în acest rezumat doar activitatea invertazică și maltazică. Dintre activitățile poliazice au fost studiate prin cromatografie pe hârtie amilaza, celulaza, glicogenaza, dextranaza și inulinaza. Dintre acestea prezintă în rezumat doar activitatea amilazică și inulinazică.

### V.2.1. Evidențierea unor oligaze și poliaze din sedimentele celor două lacuri

În cromatograma din fig. 27 este prezentată activitatea zaharazică în probele de sediment în ambele lacuri de acumulare Secu și Văliug. Pe baza spoturilor de glucoză rezultate din hidroliza zaharozei sub acțiunea zaharazei se poate aprecia că această activitate invertazică este prezentă în toate probele de sediment luate în studiu, existând totuși mici diferențe de intensitate marcate de intensitatea spoturilor.



**Fig. 27 .** Activitatea zaharazică (SA). 1-3 probe de sediment Văliug; I-III probe de sediment Secu + substrat enzimatic (zaharoză 2%), S=control – soluție de zaharoză 2%.  
G=glucoză.

Cromatograma din Fig. 28 prezintă rezultatele activității maltazice în probele de sediment ale celor două lacuri de acumulare. Sedimentele lacului Secu au fost mai active în ceea ce privește activitatea enzimatică decât cele din lacul Văliug.



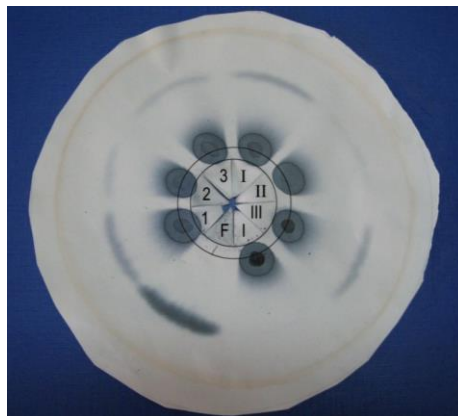
**Fig. 28.** Activitatea maltazică (MA). 1-3 probe de sediment Văliug; I-III probe de sediment Secu + substrat enzimatic (maltoză 2%), M=control – soluție de maltoză 2%.  
G=glucoză a=spot de maltoză. b= spot de glucoză.

În cromatograma din Fig. 29, este prezentată activitatea amilazei prin prezența spotului glucozei în toate cele șase probe de sediment examinate. Se poate observa că probele de sedimente din lacul Secu sunt mai active în ceea ce privește activitatea amilazei decât cele din sedimentele din lacul Văliug.



**Fig. 29.** Activitatea amilazică (AA). 1-3 probe de sediment Văliug; I-III probe de sediment Secu + substrat enzimatic amidon 2%), A=control – soluție de amidon 2%. G=glucoză  
a=spot de amilază. b= spot de glucoză.

În figura 30 se poate observa prezența activității inulinazice pentru toate cele șase probe, cel mai intens spot al fructozei fiind cel al probei 1 din lacul Văliug și pentru probele I și III din lacul Secu. Pentru proba II din lacul Secu intensitatea spotului de fructoză este la limita de detecție.



**Fig. 30.** Activitatea inulinazică (IA). 1-3 probe de sediment Văliug; I-III probe de sediment Secu + substrat enzimatic inulină 2%), I=control – soluție de inulină 2%. F=fructoză.

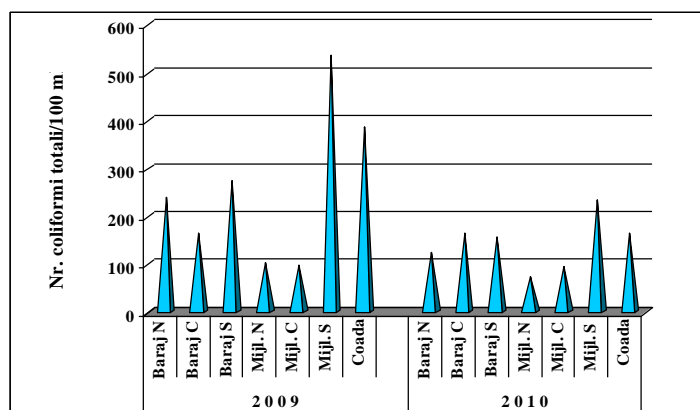
## VI. STABILIREA GRADULUI DE IGIENĂ A APEI, PRIN DETERMINAREA INDICATORILOR SANITARI

În apa lacului de acumulare Secu, bacteriile igienico-sanitare au fost prezente în densități numerice relativ scăzute pe parcursul studiului, însă comparativ cu lacul de acumulare Văliug valorile indicatorilor studiați au fost mai ridicate în lacul Secu.

O fluctuație numerică a grupelor igienico-sanitare de bacterii a fost observată în toate punctele analizate. În apa lacului de acumulare Văliug, bacteriile igienico-sanitare au fost

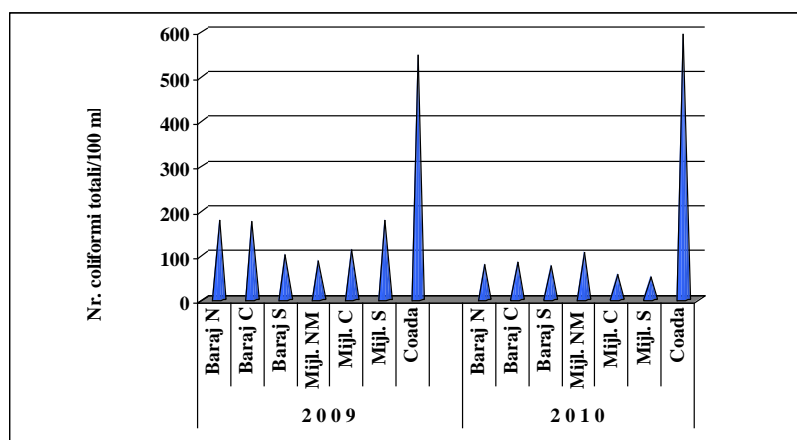
prezente în densități numerice mult mai scăzute în majoritatea punctelor de prelevare, exceptând coada lacului. Din grupul de bacterii igienico-sanitare luat în studiu, bacteriile coliforme totale au prezentat densități maxime pe toată perioada studiului, în timp ce enterococii fecali au fost în număr scăzut și foarte scăzut în aproape toate punctele de prelevare analizate.

În lacul de acumulare Secu se poate observa densitatea mai ridicată a bacteriilor coliforme totale în anul 2009 comparativ cu anul 2010, înregistrând un număr mai ridicat spre coada lacului (Fig. 31).



**Fig. 31.** Distribuția valorilor medii anuale ale densităților bacteriilor coliforme totale din Lacul Secu pe parcursul anului 2009 și 2010.

În lacul de acumulare Văliug se poate remarca că bacteriile coliforme totale au fost mai numeroase în anul 2009 comparativ cu anul 2010 (Fig. 32). De asemenea, valori mai ridicate ale bacteriilor coliforme totale s-au înregistrat la coada acestui lac unde se desfășoară diverse activități de agrement.

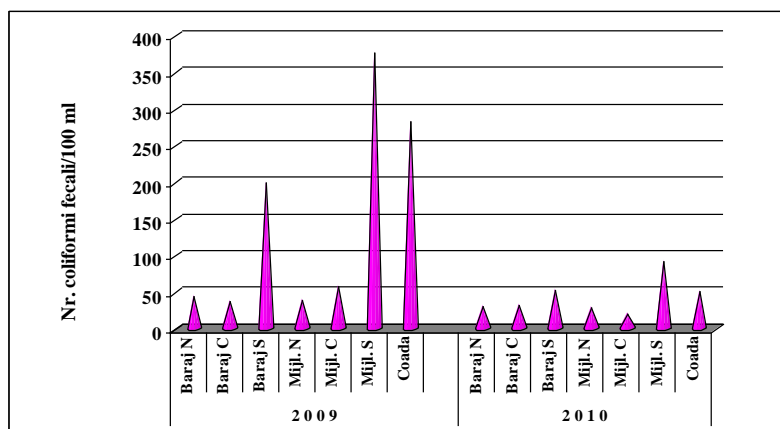


**Fig. 32.** Distribuția valorilor medii anuale ale densităților bacteriilor coliforme totale din Lacul Văliug pe parcursul anului 2009 și 2010.



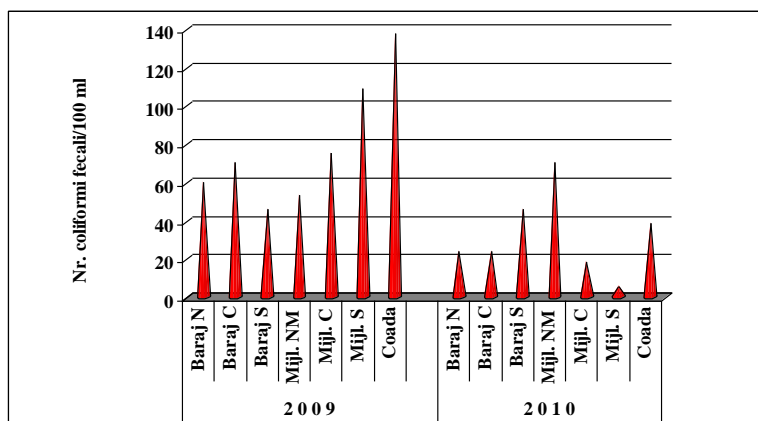
## VI.1. Determinarea numărului celui mai probabil de germeni coliformi fecali

O fluctuație numerică destul de ridicată a bacteriilor coliforme fecale a fost observată în Lacul Secu în anul 2009. În probele de apă din același lac, dar în anul 2010, valorile coliformilor fecali au scăzut aproape la jumătate (Fig. 33).



**Fig. 33.** Distribuția valorilor medii anuale ale densităților bacteriilor coliforme fecale din Lacul Secu pe parcursul anului 2009 și 2010.

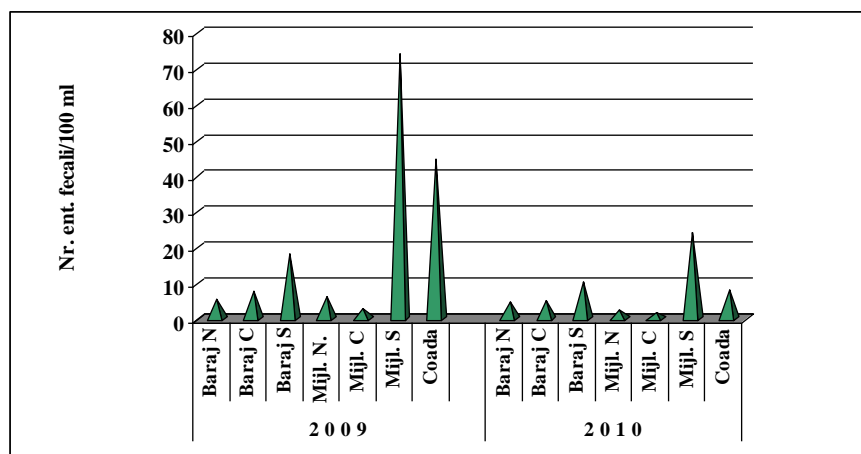
În probele de apă din Lacul Văliug, valorile coliformilor fecali au fost mai scăzute comparativ cu valorile înregistrate în Lacul Secu (Fig. 34). Comparând valorile obținute în cei doi ani de studiu se poate remarca și în acest caz, că în anul 2009 valorile coliformilor fecali au fost mult mai ridicate comparativ cu anul 2010.



**Fig. 34.** Distribuția valorilor medii anuale ale densităților bacteriilor coliforme fecale din Lacul Văliug pe parcursul anului 2009 și 2010

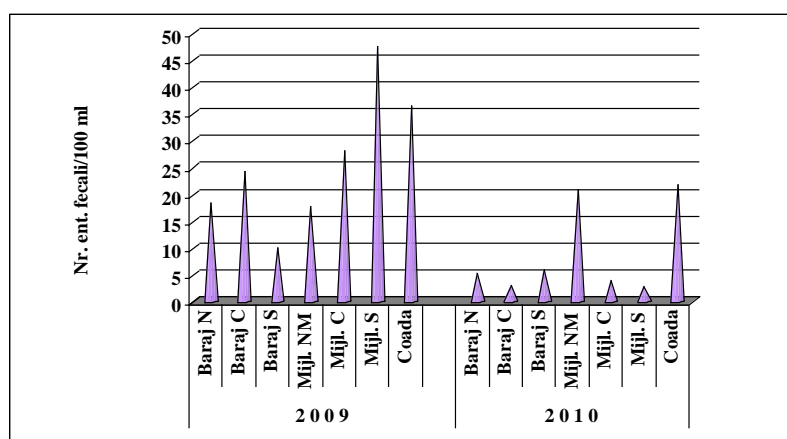
## VI. 2. Determinarea numărului celui mai probabil al enterococilor fecali

În Fig. 35 este reprezentată distribuția valorilor medii anuale ale densităților enterococilor fecali din Lacul Secu, unde se observă că aceste bacterii au fost mai numeroase în anul 2009 comparativ cu anul 2010.



**Fig. 35.** Distribuția valorilor medii anuale ale densităților enterococilor fecali din Lacul Secu pe parcursul anului 2009 și 2010.

În Fig. 36 este reprezentată distribuția valorilor medii anuale ale densităților enterococilor fecali din Lacul Văliug. În acest lac valorile enterococilor fecali au fost mult mai scăzute comparativ cu valorile din Lacul Secu.

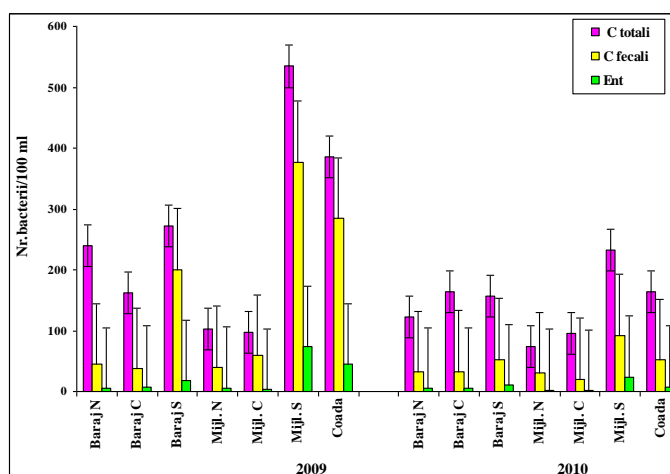


**Fig. 36.** Distribuția valorilor medii anuale ale densităților enterococilor fecali din Lacul Văliug pe parcursul anului 2009 și 2010.

## VI.3. Variația cantitativă și calitativă a bacteriilor igienico-sanitare

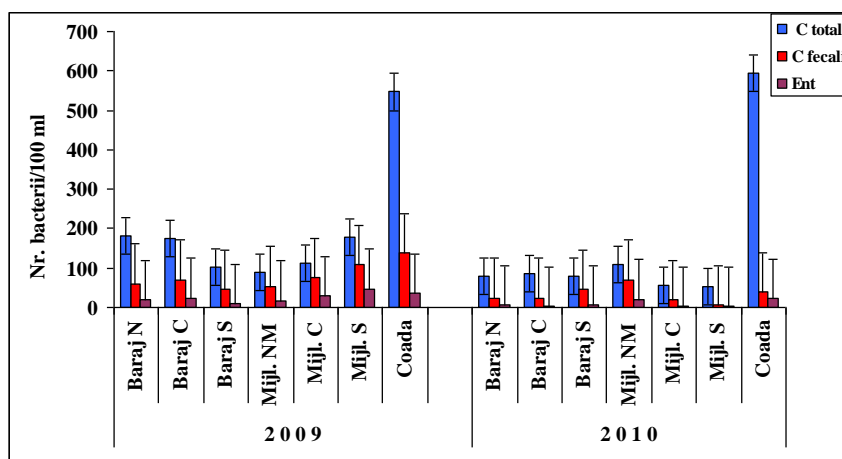
În apa lacului de acumulare Secu, bacteriile igienico-sanitare au fost prezente în densități numerice mai ridicate comparativ cu lacul de acumulare Văliug. În Fig. 37 sunt reprezentate

valorile medii anuale și erorile standard ale bacteriilor coliforme totale, coliforme fecale și a enterococilor fecali din apa Lacului Secu.



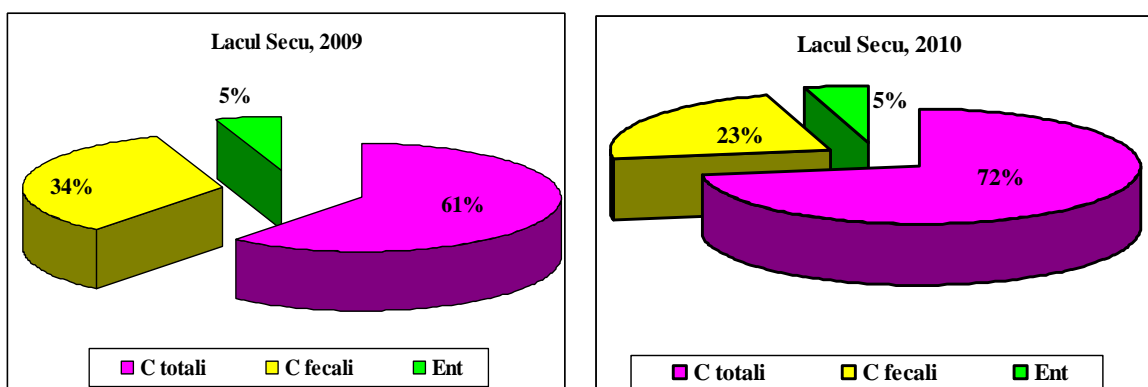
**Fig. 37.** Mediile anuale și valorile erorilor standard ale densității bacteriilor igienico-sanitare în Lacul Secu.

În Fig. 38 sunt reprezentate valorile medii anuale și erorile standard ale bacteriilor coliforme totale, coliforme fecale și a enterococilor fecali din apa Lacului Văliug. În ansamblu, bacteriile igienico-sanitare au avut o distribuție relativ uniformă în cei doi ani de studiu.



**Fig. 38.** Mediile anuale și valorile erorilor standard ale densității bacteriilor igienico-sanitare în Lacul Văliug.

În apa barajului de acumulare Secu, dintre indicatorii igienico-sanitari, bacteriile coliforme totale au reprezentat 61% în 2009 și respectiv 72% în anul 2010. (Fig. 39).

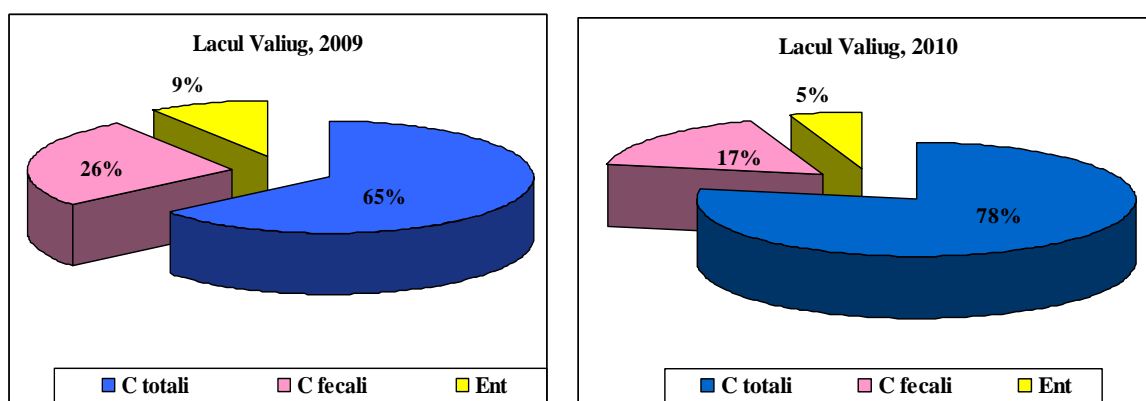


**Fig. 39.** Variația cantitativă (%) ale bacteriilor coliforme totale din apa Lacului Secu în anul 2009 și anul 2010.

Enterococii fecali, care certifică o poluare fecală recentă au prezentat valori scăzute atât în anul 2009 cât și în anul 2010 (5%).

În apa lacului de acumulare Văliug, bacteriile coliforme totale au reprezentat 65% în 2009 și respectiv 78% în anul 2010, constituind cel mai numeros grup din cadrul bacteriilor igienico-sanitare. Bacteriile coliforme fecale dar și enterococii fecali au fost mai numeroși în anul 2009 decât în anul 2010 (Fig. 40).

Variația cantitativă procentuală stabilită între cele trei tipuri principale de bacterii indică o proporție mare a bacteriilor coliforme totale atât pentru lacul de acumulare Secu cât și pentru lacul Văliug.



**Fig. 40.** Variația cantitativă (%) ale bacteriilor coliforme totale din apa Lacului Văliug în anul 2009 și anul 2010.

#### VI. 4. Stabilirea calității sanitare a apelor celor două lacuri de acumulare (Secu și Văliug).

Cea mai importantă condiție de potabilitate a unei ape este absența din apă a enterobacteriilor patogene. În general în testele de laborator sunt cercetate microorganismele

prezente în mod natural în materiile fecale ale omului și ale animalelor cu sânge cald, care reprezintă indicatori ai poluării fecale ai apei, prezența lor relevând posibilitatea prezenței bacteriilor patogene. Din punctul de vedere al abundenței numerice a indicatorilor bacteriologici igienico-sanitari pot fi stabilite clasele de calitate ale unei ape (tabel 2 și tabel 3).

**Tabel 2.** Stabilirea calității sanitare a apei lacului de acumulare Secu pe baza indicatorilor bacteriologici în anul 2009.

Perioda de prelevare	Parametrii bacteriologici (nr./ml.)	Punctele de prelevare						
		1	2	3	4	5	6	7
Primăvara	Coliformi totali	240	164	272	102	100	550	390
	Coliformi fecali	48	39	200	48	76	42	285
	Enterococi fecali	6	8	18	6	3	7	40
Clasa de calitate		III	III	III	III	II	III	III
Vara	Coliformi totali	270	182	242	98	99	575	357
	Coliformi fecali	52	39	211	51	78	49	290
	Enterococi fecali	2	7	12	9	4	6	15
Clasa de calitate		III	III	III	II	II	III	III
Toamna	Coliformi totali	320	210	310	87	100	610	440
	Coliformi fecali	67	51	261	64	88	74	324
	Enterococi fecali	5	10	11	6	2	5	36
Clasa de calitate		III	III	III	II	II	III	III

1= Baraj Nord; 2= Baraj Centru; 3= Baraj Sud; 4= Mijloc Nord; 5= Mijloc Centru; 6= Mijloc Sud; 7= Coadă lac

**Tabel 3.** Stabilirea calității sanitare a apei lacului de acumulare Văliug pe baza indicatorilor bacteriologici în anul 2009

Perioda de prelevare	Parametrii bacteriologici (nr./ml.)	Punctele de prelevare						
		1	2	3	4	5	6	7
Primăvara	Coliformi totali	110	142	98	85	91	118	389
	Coliformi fecali	54	64	28	38	67	96	112
	Enterococi fecali	15	19	8	12	20	37	21
Clasa de calitate		III	III	II	II	II	III	III
Vara	Coliformi totali	156	165	103	90	102	120	420
	Coliformi fecali	65	67	37	46	70	100	128
	Enterococi fecali	12	20	10	18	21	45	26
Clasa de calitate		III	III	III	II	III	III	III
Toamna	Coliformi totali	180	178	123	120	112	145	560
	Coliformi fecali	68	71	44	58	81	109	148
	Enterococi fecali	19	24	10	12	28	35	22
Clasa de calitate		III	III	III	III	III	III	III

1= Baraj Nord; 2= Baraj Centru; 3= Baraj Sud; 4= Mijloc Nord; 5= Mijloc Centru; 6= Mijloc Sud; 7= Coadă lac

Pentru lacul de acumulare Secu dar și pentru lacul de acumulare Văliug, în anul 2009 calitatea sanitară a apei a fost de categoria III (poluată) în majoritatea punctelor studiate.

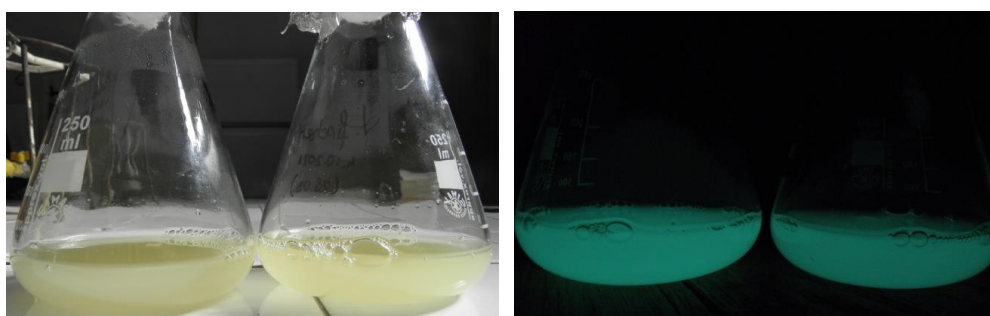
## VII. DETERMINAREA GRADULUI DE POLUARE A APEI PRIN DIFERITE TESTE ECOTOXICOLOGICE

### VII. 1. Testul ecotoxicologic de determinare a poluării - testul de bioluminescență *Vibrio fischeri*.

Pentru a evidenția încărcătura cu poluanți chimici a apelor celor două lacuri de acumulare Secu și Văliug a fost aplicat acest test de bioluminescență cu bacteria *Vibrio fischeri*, conform SR EN ISO11348-1.

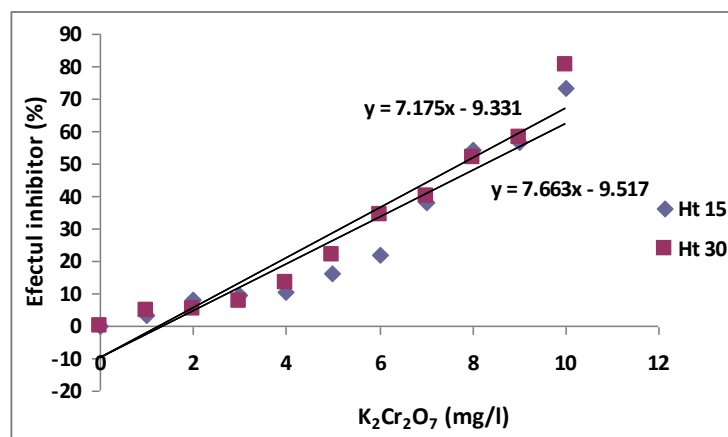
Pentru acesta s-au utilizat medii de cultură lichide speciale în care a fost inoculată specia bioluminescentă *Vibrio fischeri* (Fig. 41). Aceasta a fost incubată, apoi diferite concentrații din apele de testat au fost adăugate, iar luminescența a fost măsurată cu ajutorul bioluminometrului.

Pentru testarea luminescenței este nevoie de cel puțin doi poluanți chimici la care să se facă raportarea rezultatelor. Astfel au fost realizate două curbe de inhibiție pentru două metale grele (crom și zinc). Prima curba de inhibiție s-a realizat pentru crom utilizând  $K_2Cr_2O_7$ . Acest compus chimic este frecvent utilizat în protocolul SR EN ISO11348-1, de testare a unor ape încărcate asupra luminescenței la *Vibrio fischeri*.



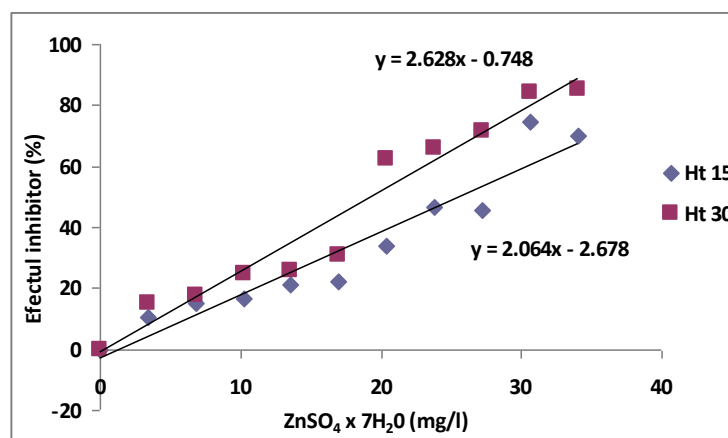
**Fig. 41.** *Vibrio fischeri* pe mediu de cultură lichid în lumină normală și în întuneric.

Pe baza valorilor citite la bioluminometru la expunerea de 15 și respectiv 30 de minute a bacteriei *Vibrio fischeri* cu cromul (mg/l) ( $K_2Cr_2O_7$ ) s-a realizat curba de inhibiție determinând astfel procentul efectului inhibitor (Fig. 42).



**Fig. 42.** Curba de inhibiție a  $K_2Cr_2O_7$  utilizat în protocolul de testare a apei celor două lacuri de acumulare asupra luminescenței la *Vibrio fischeri*.

A doua curbă de inhibiție s-a realizat pentru zinc utilizând  $ZnSO_4$ . Acest compus chimic este la fel de frecvent utilizat în protocolul SR EN ISO11348-1, de testare a unor ape încărcate asupra luminescenței la *Vibrio fischeri*. Pe baza valorilor citite la bioluminometru la expunerea de 15 și respectiv 30 de minute a bacteriei *Vibrio fischeri* cu zincul (mg/l) ( $ZnSO_4$ ) s-a realizat curba de inhibiție determinând astfel procentul efectului inhibitor (Fig. 43).



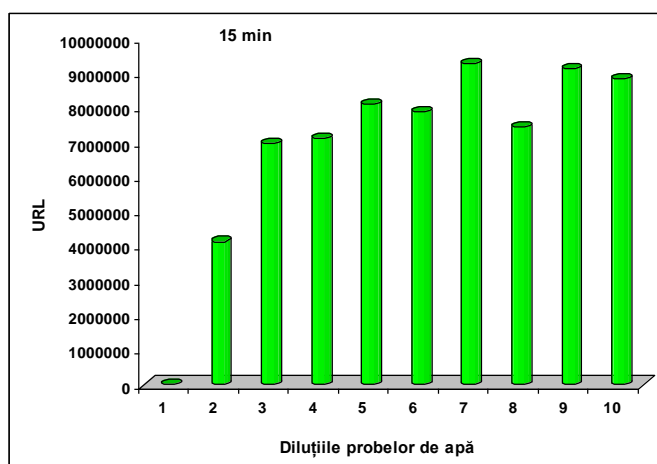
**Fig. 43.** Curba de inhibiție a  $ZnSO_4$  utilizat în protocolul de testare a apei celor două lacuri de acumulare asupra luminescenței la *Vibrio fischeri*.

Pe baza valorilor și a curbelor de inhibiție obținute se poate afirma că aceste substanțe de referință ( $K_2Cr_2O_7$  și  $ZnSO_4 \times 7H_2O$ ) utilizate în acest test sunt conforme și se încadrează în limitele admise ale standardului SR EN ISO11348-1.

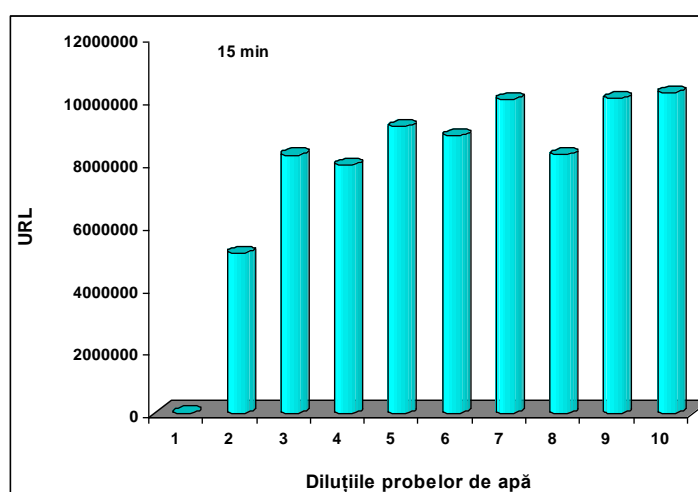
Ulterior s-a trecut la testarea propriu-zisă a probelor de apă provenite din cele două lacuri de acumulare Secu și Văliug. La fel ca și pentru substanțele de referință și pentru aceste probe de apă expunerea s-a realizat tot la 15 și respective 30 de minute.

După expunerea de 15 minute respective după 30 de minute s-au citit unitățile relative de luminescență (URL) la bioluminometru.

Pe baza unităților relative de luminescență (URL) înregistrate la luminometru s-au realizat grafice unde se poate observa clar că aceste valori au fost relative mai scăzute în lacul de acumulare Secu (Fig. 44) comparativ cu lacul de acumulare Văliug (Fig. 45).



**Fig. 44.** Unitățile relative de luminescență ale tulpinii de *Vibrio fischeri* înregistrate la 15 minute de expunere în probele de apă din lacul Secu.

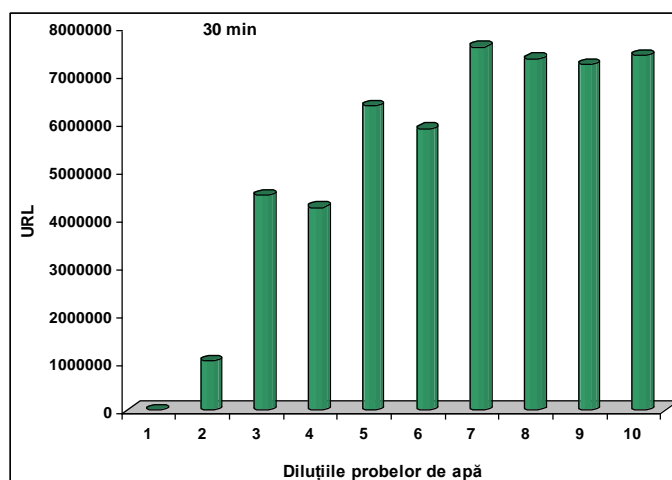


**Fig. 45.** Unitățile relative de luminescență ale tulpinii de *Vibrio fischeri* înregistrate la 15 minute de expunere în probele de apă din lacul Văliug.

Pentru interpretarea corectă a testului de luminescență expunerea s-a prelungit la 30 de minute și apoi s-au citit unitățile relative de luminescență (URL) la bioluminometru.

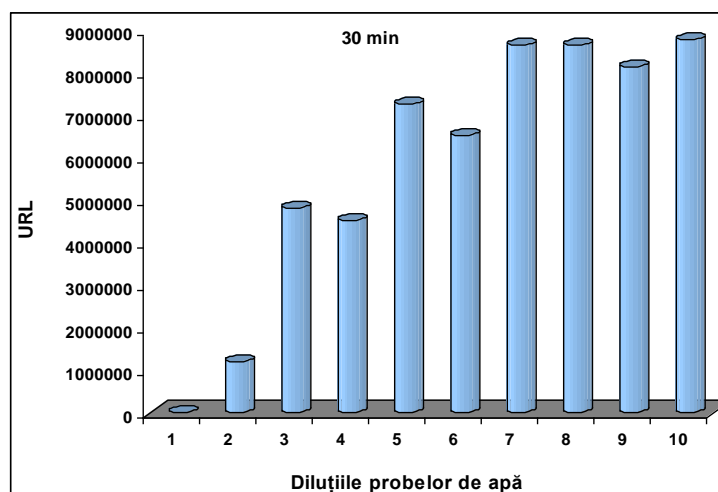


Pe baza unităților relative de luminescență (URL) înregistrate la luminometru după 30 de minute de expunere s-au realizat grafice unde se poate observa că aceste valori au scăzut puțin atât în lacul de acumulare Secu (Fig. 46) cât și lacul de acumulare Văliug (Fig. 47).



**Fig. 46.** Unitățile relative de luminescență ale tulpinii de *Vibrio fischeri* înregistrate la 30 minute de expunere în probele de apă din lacul Secu.

Comparând rezultatele dintre cele două lacuri, după 30 de minute de expunere, se constată și de această dată că în lacul de acumulare Secu aceste valori au fost relativ mai scăzute comparativ cu lacul de acumulare Văliug.



**Fig. 47.** Unitățile relative de luminescență ale tulpinii de *Vibrio fischeri* înregistrate la 30 minute de expunere în probele de apă din lacul Văliug.

Totuși aceste rezultate obținute ne indică o absență a poluării cu substanțe chimice periculoase atât în lacul de acumulare Secu cât și lacul de acumulare Văliug. Datorită proprietăților sale, *Vibrio fischeri* a ajuns să fie folosită în teste de ecotoxicitate la fel ca și

bacteria luminescentă *Photobacterium phosphoreum* care este folosită pentru evaluarea apelor, apelor menajere și apelor uzate menajere în standardul german din 1992 DIN 38412 Part 341 (Hoffmann și colab., 2003).

Valorile celor două substanțe de referință utilizate ( $K_2Cr_2O_7$  and  $ZnSO_4 \times 7H_2O$ ) au fost în limitele admise de standardul SR EN ISO11348-1.

Rezultate obținute indică absența poluării cu substanțe chimice periculoase atât în lacul de acumulare Secu cât și lacul de acumulare Văliug.

## **VIII. MONITORIZAREA ȘI EVALUAREA CALITĂȚII APEI CELOR DOUĂ LACURI DE ACUMULARE SECU ȘI VĂLIUG**

În vederea monitorizării și evaluării calității apei celor două lacuri de acumulare Secu și Văliug, care alimentează orașul Reșița cu apă potabilă trebuie luate în considerare următoarele aspecte:

\* Dragarea periodică a lacurilor reprezintă o soluție eficientă pentru a întârzia succesiunea lacului, ordinea în timp a ecosistemului acvatic, păstrarea climaxului. Direcția de succesiune a biocenozelor depinde de raportul dintre acumularea și difuzarea energiei în mediul exterior.

\* Stoparea defrișărilor în perimetrul lacurilor și în afara perimetrului lacului. Tăierea pădurii de pe versanții lacurilor produc printre alte daune ecologice cunoscute și rumeguș. Rumegușul împreună cu gunoaiile din sursele antropice (cabane, pensiuni, restaurante, scurgeri de canalizare, turiști necivilizați) și alte substanțe organice din covorul vegetal pătrunse în bazinele acvatice determină, ca efecte generale, scăderea concentrației oxigenului dizolvat, proliferarea microorganismelor patogene și a celor saprofite, mărirea turbidității apei, afectează organismele acvatice filtratoare, împiedică respirația peștilor prin colmatarea branhiilor, acoperă unele specii bentonice de pe substrat și le provoacă moartea.

\* Sensibilizarea și conștientizarea autorităților locale pentru monitorizarea și conservarea acestor ecosisteme valoroase atât pentru mediu dar mai ales pentru sănătatea populației.

\* Respectarea perimetrelor de protecție a acestor lacuri și un studiu mai atent asupra eliberării de autorizații de construcție pentru proiectele care nu se încadrează în legislația de mediu.

\* Cel mai important dar în același timp cel mai vulnerabil îl constituie aplicarea legislației de mediu. Legislația europeană și cea adaptată pentru specificul țării noastre există și este bună dar așa cum am arătat și în capitolele anterioare, grupurile de interese asociate după organizare mafiotă cu filiere politice transpartinice aplică legea discreționar pentru propriile interese cu consecințe dezastruoase. Dacă legile se vor respecta „ad literam” problemele poluării cu toată avalanșa negativă s-ar reduce considerabil până la limitele de autoreglare și autoremediere naturală a acestor valoroase ecosisteme.

\* Pentru asigurarea calității apei potabile a orașului Reșița și protecția infrastructurii se impune în primul rând protecția surselor de apă (lacurile de acumulare Secu și Văliug), respectarea etapelor de curățare și igienizare a apei, menținerea funcțională a sistemului de distribuție a apei potabile la populație.

\* Conform planului de siguranță al apei potabile și recomandările Organizației Mondiale a Sănătății se impune o monitorizare permanentă a parametrilor fizico-chimici și microbiologici impuși de legislație, pentru a preveni eventualele riscuri legate de prezența unor germeni patogeni.

## CONCLUZII GENERALE

Acest studiu realizează pentru prima dată un studiu complex de ecologie microbiană a lacurilor de acumulare Secu și Văliug. Principalele obiective de cercetare au constat în stabilirea stării ecologice a apei și sedimentului (prin determinarea grupelor ecologice de bacterii), a stării igienico-sanitare a apei (prin determinarea indicatorilor bacteriologici), determinarea activității enzimatică a sedimentului celor două lacuri de acumulare (prin analiza cantitativă a patru activități enzimatică și analiza calitativă a nouă activități enzimatică), studiul efectului poluării apelor asupra creșterii și viabilității tulpinii de *Vibrio fischeri*, în vederea determinării impactului poluării mixte asupra populațiilor bacteriene și a eventualelor riscuri asociate cu acestea, asupra sănătății populației ca urmare a utilizării apei în mod neadecvat.

**Grupele ecofiziologice de bacterii.** Microorganismele din ciclul bacterian al azotului și al fierului studiate în această lucrare au fost determinate cantitativ atât în probele din lacul de acumulare Secu cât și în probele din lacul de acumulare Văliug. Substanțele organice dizolvate în apă și temperatura și au un rol important în dezvoltarea populațiilor microbiene, influențând valorile numerice înregistrate pe parcursul celor doi ani de recoltare a probelor.

Grupele ecofiziologice de bacterii studiate (bacterii heterotrofe aerobe - BHA, bacterii amonificatoare - BAM, nitrit- NiB și nitrat-bacterii - NaB, bacterii denitrificatoare BDN și bacterii fier-reducătoare FeR) au prezentat variații cantitative în funcție de anul de prelevare și de punctele de prelevare a probelor. Valorile crescute caracterizează sezoanele calde de vară când au fost prelevate probele, cauzele fiind temperaturile din aceste sezoane ale anului și aportul crescut de materie organică de natură vegetală și animală.

Bacteriile din cele 6 grupe ecofiziologice studiate au prezentat o abundență numerică diferită în funcție de grup astfel: BHA  $10^7$ – $10^8$  celule, BAM s-au regăsit în medie în număr de  $10^5$ – $10^6$  celule, NiB în număr de  $10^2$  celule, NaB în număr de  $10^3$ , BDN  $10^4$ – $10^5$  celule, iar bacteriile FeR  $10^2$ – $10^3$  celule. Dintre bacteriile implicate în circuitul biologic al azotului cel mai bine reprezentate numeric au fost BAM, iar în cel mai mic număr s-au regăsit NiB.

Valorile IBCA au prezentat fluctuații în funcție de punctele de prelevare. Cele mai crescute valori ale IBCA au fost consemnate în punctele de prelevare Mijloc Sud (IBCA=4,251), respectiv, coada lacului pentru lacul de acumulare Secu (IBCA=4,213). Pentru lacul de acumulare Văliug valorile maxime ale IBCA au fost înregistrate în punctele de prelevare Baraj Centru (IBCA=4,952). Valorile IBCA scad în punctele situate înspre coada lacului Văliug.

**Activitățile enzimatică** - determinate din sedimentele celor două lacuri de acumulare Secu și Văliug constituie un instrument eficient de evaluare a diversității microbiotei implicate în ciclurile biogeochimice al elementelor. Cunoașterea intensității activității enzimatică reprezintă o nouă și importantă metodă de cercetare în cadrul protecției apelor, permițând caracterizarea gradului de impurificare a ecosistemelor acvatice, respectiv, oferă posibilitatea de a menține calitatea apei în limite bune sau chiar foarte bune.

*Activitățile enzimatică cantitative:* activitatea dehidrogenazică actuală (ADA), activitatea dehidrogenazică potențială (ADP), activitatea fosfatazică (AF) și activitatea catalazică (AC) au prezentat variații ale intensității lor în funcție de sezon respectiv, de punctul de prelevare a probelor. În funcție de punctele de prelevare intensitatea activităților enzimatică diferă în funcție de tipul enzimei studiate.

Valorile IECS au prezentat fluctuații în funcție de punctele de prelevare. Cele mai crescute valori ale IECS au fost consemnate în punctele de prelevare Mijloc Sud 0,246, pentru lacul de acumulare Secu. Pentru lacul de acumulare Văliug valorile IECS înregistrate în punctele de prelevare au fost mult mai crescute comparativ cu cele înregistrate în lacul Secu.

*Analizele enzimatică calitative* a enzimelor studiate prezintă variații de intensitate, în funcție de enzima studiată și de punctele de colectare.

Activitatea oligazelor (maltaza, zaharaza, lactaza și celobioza) a fost semnificativă în toate probele de sedimente analizate în cazul ambelor lacuri de acumulare Secu și Văliug, județul Caraș -Severin.

Activitatea poliazelor (amilaza, dextranaza, glicogenaza, celuloză și inulinaza) arată prezența acestora în aproape toate punctele de prelevare, cu excepția activității glicogenazei.

**Indicatorii bacteriologici igienico-sanitari** studiați au fost reprezentați de germenii coliformi totali, coliformi fecali, respectiv grupul enterococilor fecali. Fiecare din grupele studiate a prezentat oscilații sezoniere și oscilații numerice în funcție de punctele de prelevare a probelor. Valorile crescute ale acestor indicatori sunt caracteristice sezonului de vară atunci când temperaturile mai crescute ale apei favorizează dezvoltarea și activitatea microorganismelor. Valorile indicatorilor bacteriologici igienico-sanitari sunt mai crescute în cazul punctelor de prelevare situate pe partea nordică și sudică dar și la coada lacurilor datorate influențelor antropice și ale urbanizării. Natura poluării fecaligene în apele celor două lacuri de acumulare a fost stabilită pe baza raportului CF/EF.

Din punct de vedere al stabilirii calității sanitare apa lacului de acumulare Secu se încadrează în clasa III de calitate sanitară (poluată) în majoritatea secțiunilor. Doar în punctele 4= Mijloc Nord și 5= Mijloc Centru, calitatea sanitară a apei a fost încadrată la clasa II ușor poluată.

Calitatea sanitară a apei lacului de acumulare Văliug se încadrează în clasa III de calitate sanitară (poluată) în toate secțiunile luate în studiu. Asupra acestui lac de acumulare și-a pus amprenta tot mai mult antropizarea, acest lucru fiind reflectat și de poluarea fecaligenă înregistrată în toate secțiunile studiate.

Prelucrarea statistică demonstrează existența în cele două lacuri de acumulare a unor legături funcționale între indicatorii igienico-sanitari studiați. Corelațiile semnificative s-au stabilit între cele trei grupe de bacterii igienico-sanitare, iar între acestea și indicatorii fizico-chimici cele mai puternice corelații au fost cu cantitatea de substanță organică, temperatură și oxigen dizolvat (dar în acest caz corelația a fost negativă.)

Poluarea apei celor două lacuri de acumulare Secu și Văliug cu ape uzate menajere influențează negativ calitatea apei având un efect inhibitor asupra activității și dezvoltării microbiene.

**Testarea ecotoxicologică cu *Vibrio fischeri***. Bioluminescența bacteriană, prezentă la speciile *Vibrio* sp. și *Photobacterium* sp., reprezintă expresia respirației celulare, de aceea factorii fizico-chimici și biologici care afectează integritatea celulară afectează și luminescența emisă de acestea. Măsurarea luminescenței bacteriene reprezintă astfel, o tehnică importantă, sensibilă și rapidă pentru evaluarea toxicității apei.

Valorile celor două substanțe de referință utilizate ( $K_2Cr_2O_7$  and  $ZnSO_4 \times 7H_2O$ ) au fost în limitele admise de standardul SR EN ISO11348-1.

În urma analizei probelor de apă din lacul Secu și Văliug privind luminescența tulpinii de *Vibrio fischeri* înregistrate la 15 minute de expunere s-au înregistrat un maxim de unități relative de luminescență de 12000000 URL pentru Văliug și 10000000 URL pentru Secu.

La 30 de minute de expunere a tulpinii *Vibrio fischeri* la probele de apă din lacurile de acumulare Secu și Văliug s-a constatat o reducere a unităților relative de luminescență la 8000000 URL pentru probele de apă din lacul Secu și 9000000 URL pentru probele de apă din lacul Văliug.

Rezultate obținute indică absența poluării cu substanțe chimice periculoase atât în lacul de acumulare Secu cât și lacul de acumulare Văliug.

Testul de bioluminescență este foarte sensibil la concentrații mici de compuși toxici prezenți în mediu. Se pare că pentru poluarea antropică acest test nu poate fi aplicat.

**Concluzia finală.** Rezultatele obținute în cadrul acestei teze de doctorat evidențiază starea actuală a apelor celor două lacuri de acumulare (Secu și Văliug) sub influența factorilor antropici care acționează cumulativ modificând calitatea bazinului hidrografic în special în sectoarele expuse poluării antropice.

Influența antropică generată în principal de turism și exploatarea forestieră influențează evident și negativ ecosistemele valori semnificativ mari ale densităților bacteriilor igienico-sanitare înregistrându-se în zonele populate de oameni (mal sudic Secu, mal estic Văliug).

Comparând cele două lacuri între ele pe baza datele igienico-sanitare și fizico-chimice, se constată că lacul Secu are o încărcătură bacteriană mai mare pentru toate grupele de bacterii, iar ca o constatare generală se poate spune că lacul Văliug din amonte este „mai curat” decât lacul Secu din aval.

Concluzia este că cele două lacuri de acumulare Secu și Văliug trebuie să fie foarte bine conservate și păstrate, și de asemenea trebuie permanent supravegheate și monitorizate, deoarece sunt ape destinate potabilizării. De reducerea poluării antropice în jurul și în cadrul ecosistemului acvatic monitorizat al celor două lacuri de acumulare Secu și Văliug depinde potențialul ecologic al acestora.

## BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

- Baums, I.B., Goodwin, K.D., Kiesling, T., Wanless, D., Diaz, M.R., Fell, J.W., 2007, Luminex detection of fecal indicators in river samples, marine recreational water, and beach sand. *Marine Pollution Bulletin*, 54(5): 521-536.
- Burian, P., 2002, Lacul de acumulare-analiza biologică [The Storage Lake: Biological Analysis], University Press, Edit. Universității de Medicină și Farmacie, Târgu-Mureș, p.117
- Carpa R., Drăgan-Bularda M., 2008, Oligase and polyase activities in various type of soils from Parâng mountains. *Studia Universitatis Babeș-Bolyai, Biologia*, L II(1):91- 101.
- Carpa R., Drăgan-Bularda M., Muntean V., 2014, *Microbiologie Generală, Lucrări practice*, Ed. Presa Univ. Clujeană, Cluj-Napoca.
- Cușa, V., 1996, Instrucțiuni metodologice pentru analiza microbiologică a sedimentelor din ecosistemele acvatice, *Inst. Cercet. Ing. Mediului, București*, 4, p.14-20.
- Cușa, V., Astratinei, V., 1996, Cercetări privind evoluția calității bacteriologice a apei lacurilor de pe valea râului Colentina, în zona municipiului București. *Hidroelectrică*, 41, p. 21-27.
- Drăgan-Bularda, M., 2000, *Microbiologie generală, Lucrări practice*, Cluj-Napoca.
- Fetke R., Carpa, R., Drăgan-Bularda M., 2013, Enzymatic activities in sediments from Secu and Valiug-Gozna dam reservoirs, Caraș-Severin, Romania. *ELBA Bioflux* 5(2):93-102.
- Hoffmann, C., Sales, D., Christofi, N., 2003, Combination ecotoxicity and testing of common chemical discharges to sewer using the *Vibrio fischeri* luminiscence bioassay, *Int. Microbiol.*, 6, 41-47.
- Jones, J.G., 1979, Microbial Nitrate Reduction in Freshwater Sediments. *Journal of General Microbiology*, 115, p. 27-35.
- Kenneth, T., 2003, Prokaryotes in the environment and major groups of prokaryotes. In: *Bacteriology* 303 Main Page, University of Wisconsin-Madison (ed.), Department of Bacteriology.
- Lumperdean, M., Drăgan-Bularda, M., 2006, The quantitative distribution of some ecological groups of bacteria from the Tarnița dam reservoir – Cluj county. *Studia. Univ. Babeș-Bolyai, Biologia, Cluj-Napoca*, 50(1): 109-118.
- Madigan, M. T., Martinko, J.M., Parker, J., 2000, *Brock Biology of Microorganisms*. 9th ed. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Muntean, V., Crișan, R., Pașca, D., Kiss, S., Drăgan-Bularda, M., 1996, Enzymological classification of salt lakes in Romania, *Kluwer Academic Publishers, Netherlands, Internat. J. Salt Lake Res.*, 5
- Muntean, V., Ștef, L.C., Drăgan-Bularda, M., 2004, Cercetări enzimologice asupra unor sedimente din Râul Mureș, *Romanian Biological Sciences I*
- Muntean, V., Pașca, D., Crișan, R., Influence of substrate and final reaction product on synthesis and activity of phosphatase in a salt lake sediment, *Stud. Univ. Babeș-Bolyai, Biol., Cluj-Napoca*, 44(1-2)
- Muntean, V., Crișan, R., Pașca, D., 2001, Cercetări enzimologice asupra nămolului din balta sărată Alunei – Târnaveni. *Studii și Cercetări, Biologie (Bistrița)*, 6, p. 7-12.

- Muntean, V., Ștef, L.C., Drăgan-Bularda, M, 2005, Cercetări microbiologice asupra unor sedimente de pe cursul mijlociu al râului Mureș, Studia Universitatis Babeș-Bolyai, Biologia, L, 2, p.175-181.
- Pop, I., 1977, Biogeografie ecologică. Editura Dacia, Cluj-Napoca
- Zarnea, G., 1994, Tratat de Microbiologie generală. Vol. V: Ecologia microorganismelor. Ed. Acad. Rom., Bucuresti,
- European Parliament and of the Council, Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000
- STAS 3001-91, Apa-analiza bacteriologică.
- European Parliament and of the Council, Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000
- SR EN ISO11348-1.:1999 Water quality. Determination of the inhibitory effect of water samples on the light emission of *Vibrio fischeri* (Luminescent bacteria test). Method using freshly prepared bacteria
- SR EN 2852/1994, Apă potabilă. Prelevarea, conservarea, transportul, păstrarea și identificarea probelor.
- SR ISO 10523/1997, Calitatea apei. Determinarea pH-ului.
- SR EN 25813/2000, Calitatea apei. Determinarea conținutului de oxigen dizolvat. Metoda iodometrică.
- SR EN 1889-1/2003 Calitatea apei. Determinarea consumului biochimic de oxigen după n zile (CBOn).  
Partea 2: metode pentru probe nediluate.
- SR EN 2788 ISO 7888/1997 Calitatea apei. Determinarea conductivității electrice.
- SR ISO 7150-1/2001 Calitatea apei. Determinarea conținutului de amoniu. Metoda spectrofotometrică.
- SR ISO 7890-1/1998. Calitatea apei. Determinarea azotaților
- SR ISO 3048-2/1996). Apă potabilă. Determinarea conținutului de nitriți. Metoda prin spectrometrie de absorbție moleculară.
- SR ISO 6332/1996 Calitatea apei. Determinarea conținutului de fier. Metoda spectrometrică cu 1,10-fenantrolină.
- SR EN ISO11348-1:1999 Water quality. Determination of the inhibitory effect of water samples on the light emission of *Vibrio fischeri* (Luminescent bacteria test). Method using freshly prepared bacteria
- SR EN ISO 11348-1:2003 Calitatea apei. Determinarea efectului inhibitor a probelor de apă asupra luminescenței de *Vibrio fischeri* (Testul cu bacterii luminescente). Partea 1: Metoda cu bacterii proaspăt preparate



# LISTA DE LUCRĂRI ȘTIINȚIFICE PUBLICATE

## din domeniul tezei de doctorat

### **I. Articole publicate în reviste BDI, categ. B+ și alte categ. recunoscute CNCS**

1. **FETKE R.**, Carpa R., Drăgan-Bularda M., **2015**, Sanitary parameters of water from Secu and Văliug dam reservoirs, Caraș-Severin county, Romania., Analele Universității Oradea, Fascicula Biologie, Tom. XXII, 2, 63-69.

2. **FETKE R.**, Carpa R., Drăgan-Bularda M., **2014**, Forms of water pollution – short review, Studii si Cercetari, Biology, 19, 99-111.

3. **FETKE R.**, Carpa R., Drăgan-Bularda M., **2013**, Enzymatic activities in sediments from Secu and Văliug-Gozna dam reservoirs, Caraș-Severin, Romania. ELBA Bioflux 5(2):93-102.

4. **FETKE R.**, Carpa R., Drăgan-Bularda M., **2011**, Research on the qualitative enzymatic activities in sediments from Secu and Gozna-Văliug dam reservoirs, Caraș-Severin county (Romania), ELBA, Bioflux, 67-76.

### **II. Abstracte publicate în volumele conferințelor internaționale (ISI)**

1. Maior M.C., Carpa R., **FETKE R.**, Muntean V., **2014**, Determination of the inhibitory effect of water samples on the light emission of *Vibrio fischeri*, p. 525, FEBS Journal 281 (Suppl. 1) 65–784.

### **III. Participări la conferințe internaționale și naționale**

1. Maior M.C., Carpa R., **FETKE R.**, Muntean V., **2014**, Determination of the inhibitory effect of water samples on the light emission of *Vibrio fischeri*, prezentare poster, FEBS-EMBO Conference, Paris, Franța, 30 aug. - 4sept., poster.

1. **FETKE R.**, Carpa R., Drăgan-Bularda M., **2011**, Date privind potențialul enzimatic al lacurilor de acumulare Secu și Văliug, jud. Caraș-Severin, prezentare orală, Sesiunea Anuală de Comunicări Științifice Complexul Muzeal, Bistrița-Năsăud, 11-12 noiembrie 2011.

2. **FETKE R.**, Carpa R., Drăgan-Bularda M., **2010**, Influențe antropice asupra potențialului microbial și enzimatic din lacurile Secu și Văliug, jud. Caraș-Severin, prezentare orală Sesiunea Anuală de Comunicări Științifice Complexul Muzeal Bistrița-Năsăud, 26-27 noiembrie 2010.